NGUYỄN HOÀNG TRÍ

SINH THÁI HỌC RỪNG NGẬP MẶN

NHÀ XUẤT BẢN NÔNG NGHIỆP

NGUYỄN HOÀNG TRÍ

SINH THÁI HỌC RỪNG NGẬP MẶN

NHÀ XUẤT BẢN NÔNG NGHIỆP
HÀ NỘI - 1999

SINH THÁI HỌC RỪNG NGẬP MẶN

3. Nhân tố
2. SV
3. Vai trò

MỤC LỤC

Giới thiệu 7
Lời nói đầu 9
Mở đầu 11

Chương 1: **Các nhân tố sinh thái cơ bản** 13
1. Khí hậu 13
2. Nền bùn 15
3. Che chắn và bảo vệ 16
4. Nước mặn 16
5. Biên độ triều 19
6. Các dòng hải lưu 19
7. Bờ biển nông 20

Chương 2: **Phân bố, diễn thế và phân vùng rừng ngập mặn** 21
1. Phân bố rừng ngập mặn trên thế giới và ở Việt Nam 21
2. Diễn thế rừng ngập mặn 37
3. Phân vùng rừng ngập mặn 43
4. Phân loại các quần xã 48

Chương 3: **Sự thích nghi của cây ngập mặn** 55
1. Thích nghi với môi trường nước biển 55
   1.1. Tiết muối 56
   1.2. Cản muối 59
   1.3. Tích muối 60
2. Bảo tồn nước ngọt 64
   2.1. Những nét hạn sinh 65
   2.2. Thoát hơi nước 66
3. Sự chuyên biệt của hệ rễ, thân và lá 68
   3.1. Rễ 68
   3.2. Thân 75
   3.3. Lá 77

4. Phản ứng với ánh sáng 78
4.1. ánh sáng và dạng sống 78
4.2. Quang hợp 80
5. Thích nghi với sóng, gió và sương giá 82
6. Thích nghi sinh sản 84
6.1. Ra hoa và thụ phấn 84
6.2. Sinh sản trụ mầm 85
6.3. Hiện tượng 'sinh con' và 'nửa sinh con' 86
6.4. Phán tán và cố định trụ mầm 91

Chương 4: **Rừng ngập mặn và môi trường** 94
1. Mối tương tác giữa thực vật và môi trường lý hoá 94
1.1. Nhiệt độ 95
1.2. Bức xạ 98
1.3. Gió và thoát hơi nước 99
1.4. Thoát nước và thông khí 101
1.5. Độ mặn của nước trong đất 106
1.6. Chiều cao mực nước 109
1.7. Đất 112
1.8. Nguồn nước ngọt 117
2. Mối tương tác giữa thực vật với thực vật 118
2.1. Ký sinh 118
2.2. Cản sinh 119
2.3. Tương hỗ 121
2.4. Cạnh tranh 122
3. Mối tương tác giữa thực vật với động vật 125
3.1. Xáo trộn trầm tích 126
3.2. Ăn lá 126
4. Các thực vật khác trong rừng ngập mặn 128
4.1. Vi khuẩn 129
4.2. Nấm 129
4.3. Tảo 132
4.4. Địa y 135
4.5. Bì sinh 137
4.6. Thực vật trong khu chuyển tiếp với nội địa 138

Chương 5: **Động vật rừng ngập mặn** 139
1. Thành phần động vật rừng ngập mặn 141
1.1. Động vật trên cạn 142
1.2. Động vật thuỷ sinh 150
2. Sự thích nghi của động vật rừng ngập mặn 166
2.1. Động vật đến từ nội địa 167
2.2. Động vật có nguồn gốc biển 172

Chương 6: **Năng suất các hệ sinh thái rừng ngập mặn** 191
1. Năng suất sơ cấp 191
2. Các phương pháp đo và sử lý kết quả 192
2.1. Sinh khối 192
2.2. Năng suất lượng rơi 194
2.3. Trao đổi khí ở lá 194
2.4. Diệp lục, sự giảm thiểu ánh sáng trong rừng 195
2.5. Sử dụng phối hợp các phương pháp 195
3. Các nhân tố tác động tới năng suất 196
3.1. Năng suất sơ cấp theo mùa 197
3.2. Tác động của chế độ thuỷ triều tới năng suất 199
3.3. Vai trò của nguồn dinh dưỡng 201
4. Tiềm năng năng suất sơ cấp 202
5. Sinh khối cho xuất khẩu 205

Chương 7: **Vai trò của rừng ngập mặn trong các hệ sinh thái cửa sông** 208
1. Rừng ngập mặn và các hệ sinh thái cửa sông 208
2. Các loại chuỗi thức ăn 210
3. Quá trình chuyển hóa năng suất sơ cấp 211
4. Xuất khẩu xác hữu cơ thực vật 217
5. Các kiểu ăn trong một quần xã ven biển 218
6. Các quần xã cá cửa sông 219
7. Khai thác ở các bậc dinh dưỡng 223

Chương 8: **Bảo tồn và quản lý các quần xã rừng ngập mặn** 224
1. Rừng ngập mặn luôn bị đe dọa xuống cấp 226
2. Quản lý rừng ngập mặn có hiệu quả 228
3. Trách nhiệm quản lý 233
4. Cơ sở khoa học cho quản lý có hiệu quả 234
5. Các vấn đề cụ thể trong công tác quản lý 236
6. Phát triển kinh tế xã hội vùng ven biển 237
7. Tương lai của rừng ngập mặn và đầm lầy mặn 238

Tài liệu tham khảo 240
Phụ lục 248

Lời giới thiệu

Rừng ngập mặn là nguồn tài nguyên vô cùng quí báu vùng ven biển nhiệt đới và á nhiệt đới. Do hậu quả của chiến tranh và đặc biệt là do sức ép của sự tăng dân số dẫn đến việc khai thác quá mức và phá rừng ngập mặn để nuôi tôm không có kế hoạch làm cho hơn một nửa diện tích rừng ngập mặn ở nước ta đã bị mất, phần còn lại đang bị đe doạ nghiêm trọng. Nhận rõ tầm quan trọng của rừng ngập mặn, đặc biệt là hậu quả của thiên tai trong những năm gần đây ở những vùng ven biển bị mất rừng ngập mặn, phong trào trồng cây khôi phục lại rừng ngập mặn đang phát triển mạnh mẽ ở các vùng ven biển của cả nước.

Để phục hồi, bảo vệ và sử dụng bền vững nguồn tài nguyên quí giá này cần có những kiến thức cơ bản về sinh thái học nói chung và sinh thái học rừng ngập mặn nói riêng. Sinh thái học rừng ngập mặn là khoa học nghiên cứu mối liên quan giữa sinh vật và môi trường vật lý, hóa học, nằm giữa đất liền và biển, hết sức đặc biệt. Hệ sinh thái này đang thu hút sự say mê nghiên cứu của các nhà sinh học, bảo vệ môi trường cũng như các cán bộ quản lý để giải quyết những vấn đề môi trường dựa trên các nguyên lý sinh thái học.

Nghiên cứu sinh thái học cá thể cũng như quần thể, quần xã yêu cầu những kiến thức rất sâu và rộng của nhiều ngành và lĩnh vực liên quan. Nó không chỉ đề cập đến số lượng, mật độ quần thể, quần xã và mối quan hệ với môi trường mà còn phân tích động thái theo không gian và thời gian trong phân tích hệ thống giữa các quần xã sinh vật và môi trường thông qua các chu trình năng lượng và vật chất trong hệ sinh thái. Hệ sinh thái rừng ngập mặn với tính chất đa dạng cả về cấu trúc và chức năng đang thực sự trở thành đối tượng nghiên cứu lý tưởng cho các ý tưởng trên.

Tác giả cuốn sách đã cố gắng thu thập từ khá nhiều nguồn tài liệu tham khảo và mạnh dạn đưa vào những quan điểm khác nhau, thậm chí nhiều vấn đề còn đang tranh cãi trong nghiên cứu hệ sinh thái rừng ngập mặn. Chúng tôi hy vọng cuốn sách này sẽ là nguồn thông tin bổ ích cho sinh viên, giáo viên về những kiến thức cơ bản cũng như chuyên môn sâu về sinh thái học rừng ngập mặn. Các nhà lâm nghiệp, nghiên cứu môi trường, bảo tồn cũng như các cán bộ quản lý trong nghiên cứu chính sách và kế hoạch hoá sử dụng tài nguyên rừng ngập mặn cũng sẽ tìm thấy những thông tin quí báu để góp phần giải quyết những vấn đề môi trường hiện nay.

GS. TS. Phan Nguyên Hồng

Lời nói đầu

Nằm giữa đất liền và biển, hệ sinh thái rừng ngập mặn là một ECOTONE hết sức đặc biệt. Khi nói đến rừng, người ta thường nghĩ ngay đến cây và những sản phẩm lâm nghiệp vốn có, nhưng trong các hệ sinh thái rừng ngập mặn, sinh vật sản xuất không chỉ có cây ngập mặn mà còn có cả thực vật thuỷ sinh: tảo phù du, tảo đáy và vi sinh vật...Hệ sinh thái này bao gồm cả rừng và thuỷ vực với các quần xã sinh vật đến từ biển, nội địa và đặc hữu của vùng ven biển. Chúng có những tính chất thích nghi hết sức đa dạng và độc đáo với môi trường đất lầy mặn.

Mặc dù mới được gần 30 năm nghiên cứu về rừng ngập mặn, tôi rất hạnh phúc khi được làm việc và biết ơn rất nhiều đối với giáo sư, tiến sỹ Phan Nguyên Hồng, người thầy và là người đầu tiên đặt nền móng, bồi dưỡng và khuyến khích thế hệ chúng tôi đi sâu nghiên cứu, viết tài liệu về một lĩnh vực hết sức thú vị nhưng cũng rất khó khăn này. Để giúp cho sinh viên, giáo viên và các nhà nghiên cứu có được những nguồn thông tin rộng rãi, đầy đủ và chi tiết về sinh thái học rừng ngập mặn là việc làm hết sức khó khăn. Với mục đích cung cấp nguồn tài liệu tham khảo, cuốn sách chỉ đáp ứng một phần thông tin nhỏ bé trong mênh mông kiến thức của lĩnh vực này.

Nội dung cuốn sách được trình bày trong 8 chương và một phần phụ lục. Chương 1 đề cập đến các nhân tố sinh thái chi phối sự hình thành và phát triển rừng ngập mặn. Chương 2 nêu lên sự phân bố và diễn thế rừng ngập mặn trên thế giới và ở Việt Nam. Chương 3 phân tích những tích chất thích nghi hết sức phong phú và đa dạng của cây ngập mặn. Mối quan hệ giữa rừng ngập mặn và môi trường được trình bày trong chương 4. Phần động vật rừng

ngập mặn được trình bày ở chương 5. Chương 6 sẽ đề cập đến năng suất các hệ sinh thái rừng ngập mặn trên thế giới và ở Việt Nam. Chương 7 đề cập đến vai trò của rừng ngập mặn trong các hệ sinh thái cửa sông. Phần cuối cùng đề cập đế vấn đề bảo tồn và quản lý các hệ sinh thái rừng ngập mặn cho phát triển bền vững được trình bày trong chương 8. Để tiện cho việc tra cứu và so sánh giữa tên khoa học và tên địa phương, các bảng danh mục các loài sinh vật có trong rừng ngập mặn ở Việt Nam của các tác giả trong nước được trình bày trong phần phụ lục.

Tác giả muốn bày tỏ lòng biết ơn chân thành đến giáo sư, tiến sỹ Thái Trần Bái, phó tiến sỹ Phạm Đình Trọng và tiến sỹ Mai Sỹ Tuấn đã đọc và góp ý kiến rất chi tiết cho bản thảo. Cám ơn các cán bộ công tác tại Ban Nghiên cứu Hệ sinh thái Rừng ngập mặn cũng như tất cả các đồng nghiệp đã giúp đỡ và khích lệ chúng tôi trong công tác nghiên cứu, giảng dạy và biên soạn cuốn sách này.

Tác giả sẵn sàng và hoan nghênh những ý kiến đóng góp để cuốn sách thực sự có ích cho độc giả.

Tác giả

MỞ ĐẦU

Nằm trong mối tương tác giữa đất liền và biển, rừng ngập mặn là một sinh cảnh có sức hấp dẫn đặc biệt về khả năng thích nghi và là nguồn tài nguyên thiên nhiên quí giá đối với nhân dân vùng ven biển. Rừng ngập mặn không những cung cấp các lâm sản có giá trị như than, củi, gỗ, ta nanh, thực phẩm, thuốc chữa bệnh.. mà còn là nơi nuôi dưỡng và sinh sản của nhiều loại hải sản, chim nước, chim di cư và một số động vật có ý nghĩa kinh tế lớn như khỉ, lợn rừng, kỳ đà, chồn, trăn...Rừng ngập mặn còn có tác dụng to lớn trong việc hạn chế gió bão và sóng lớn bảo vệ bờ biển, bờ sông, điều hòa khí hậu, hạn chế xói lở, mở rộng diện tích bãi bồi, hạn chế sự xâm nhập mặn, bảo vệ đê điều, đồng ruộng, nơi sống của người dân ven biển trước sự tàn phá của gió mùa, bão, nước biển dâng.

Thuật ngữ "rừng ngập mặn", tiếng Anh là "mangrove", rất khó định nghĩa một cách chính xác. Theo một số tác giả, từ "mangrove" được dùng để chỉ các loài thực vật hoặc một khu rừng có nhiều loài cây sống trong môi trường đầm lầy mặn ven biển. Quần xã rừng ngập mặn bao gồm nhiều chi và họ thực vật đa số không có quan hệ họ hàng, nhưng lại có những nét chung về các đặc tính thích nghi hình thái, sinh lý và sinh sản phù hợp với môi trường hết sức khó khăn là ngập mặn, thiếu không khí và đất không ổn định.

Hiện nay trên thế giới có khoảng 15 triệu héc ta rừng ngập mặn (Saenger và cộng sự. 1983). Đây là các loài thực vật chính phân bố ở các vùng ven biển nhiệt đới và á nhiệt đới, trên hầu hết các loại đất từ bùn sét, bùn cát và ngay cả trên các rạn san hô cổ. Các hệ sinh thái rừng ngập mặn hết sức đa dạng về mặt thành phần thực vật, cấu trúc rừng và tỉ lệ tăng trưởng với hơn 80 loài thực vật thuộc 30 chi của hơn 20 họ. Trong tổng số các loài trên có 59 loài cây ngập mặn chính thức và 21 loài gia nhập, đó là những loài có thể gặp trong rừng ngập mặn nhưng cũng có thể gặp ở những môi trường khác.

Ở nước ta rừng ngập mặn là những quần hợp thực vật đặc trưng ở những vùng ven biển nhiệt đới và cận nhiệt đới có các đảo che chắn phía ngoài. Chúng còn có tên là "rừng sác", " rừng sú vẹt", " rừng triều" và "rừng chịu mặn"... Trong những điều kiện môi trường thuận lợi chúng có khả năng tái sinh tự nhiên mạnh nhờ khả năng phát tán và cố định nhanh của trụ mầm trên mặt bùn làm thành những cánh rừng bạt ngàn, có nhiều cây gỗ to, tăng trưởng nhanh như ở các tỉnh ven biển thuộc lưu vực sông Cửu Long và sông Đồng Nai. Nhiều loài cùng thích nghi với điều kiện môi trường làm thành các nhóm loài đặc trưng được gọi là quần xã. Một quần xã như vậy kết hợp và tác động qua lại với môi trường vật lý tạo thành một hệ sinh thái mang tên hệ sinh thái rừng ngập mặn. Đó là hệ sinh thái đặc trưng nằm giữa đất liền và biển, người ta cho rằng đó là một loại "ecotone" hết sức đặc biệt.

Về mặt địa lý, hệ sinh thái rừng ngập mặn nằm trong vùng triều ven biển, nơi mà thực vật và động vật có những đặc tính thích nghi với điều kiện môi trường luôn thay đổi về mặt vật lý, hóa học và sinh học. Nhiều loài sử dụng rừng ngập mặn như những nguồn thức ăn, nơi che chắn, bảo vệ cho một phần hoặc toàn bộ vòng đời của chúng. Luôn luôn có những dòng vật chất sống và không sống trao đổi (đi ra, đi vào) trong hệ sinh thái rừng ngập mặn.

Ở nước ta, trước khi xảy ra chiến tranh Đông Dương (1943), rừng ngập mặn phân bố khá rộng ở vùng ven biển, cửa sông (trừ một số đoạn bờ biển dốc, ít phù sa ở miền Trung) với diện tích 408.500 ha chủ yếu là ở Nam Bộ (329.000 ha) (Maurand, 1943). Hai vùng có rừng ngập mặn tập trung là bán đảo Cà Mau (150 000 ha) và rừng Sát thuộc Biên Hòa - Sài Gòn (40.000 ha) (Cương, 1964). Cho đến nay diện tích rừng đã giảm đi rất nhiều cả về diện tích và chất lượng. Năm 1962, rừng ngập mặn còn 290.000 ha (Rollet, 1963), đến 1982 chỉ còn 252.000 ha (Viện Điều tra Qui hoạch rừng, 1983). Có rất nhiều nguyên nhân làm cho diện tích rừng bị giảm sút nghiêm trọng mà phần lớn do phá rừng chuyển sang đất nông nghiệp và gần đây là làm các đầm tôm dọc ven biển, cửa sông từ Bắc đến Nam.

Chương 1
CÁC NHÂN TỐ SINH THÁI CƠ BẢN

Sự tồn tại của các quần xã rừng ngập mặn phụ thuộc vào một số những yêu cầu cơ bản mà Jenning và Bird (1967) đã mô tả gồm 6 nhân tố, trong đó yếu tố địa mạo được coi là quan trọng nhất tác động tới rừng ngập mặn cửa sông. Theo các tác giả này thì những nhân tố chính liên quan tới sự hình thành rừng ngập mặn là độ khô hạn, năng lượng sóng, điều kiện thủy triều, trầm tích, khoáng và tác động neotectonic. Wash (1974) thì đề nghị 5 yếu tố, sau đó Chapman (1977) thêm vào 2 yếu tố nữa. Bảy nhân tố này nếu tách phần sinh học của nó ra thì thì gần giống với 6 nhân tố mà Jenning và Bird (1967) đề nghị. Chúng bao gồm: Nhiệt độ không khí ở một biên độ nhất định, nền bùn, được che chắn bảo vệ, nước mặn, biên độ triều, các dòng hải lưu và bờ biển nông. Đa số các tác giả đều tập trung phân tích các nhân tố chính sau đây:

1. KHÍ HẬU

Nhiệt độ không khí có ảnh hưởng khá lớn đến sinh trưởng, số lượng cá thể, loài và kích thước cây. Các loài cây ngập mặn phong phú và có kích thước lớn thường tập trung ở các vùng xích đạo và cận nhiệt đới ẩm là những nơi có nhiệt độ không khí trong năm cao và biên độ nhiệt dao động không lớn. Ở nước ta, số loài cây ngập mặn ở miền Bắc ít hơn và có kích thước cây bé hơn ở miền Nam, một phần do chịu ảnh hưởng của nhiệt độ thấp trong mùa đông. Một số ví dụ dưới đây cho thấy ảnh hưởng trực tiếp của nhiệt độ

lên các hoạt động sống của cây ngập mặn. Ngày 17-18/1/1961, tại huyện Tiên Yên, tỉnh Quảng Ninh khi nhiệt độ xuống 0°C thì các lá cây *Bruguiera gymnorhiza* và *Clerodendron inerme* bị khô và chết. Các thí nghiệm tại Cần Giờ, T.P. Hồ Chí Minh cho thấy các hoạt động sinh lý như quang hợp và thoát hơi nước của *Rhizophora apiculata* chỉ duy trì ở mức tối thiểu khi nhiệt độ lên cao tới 42°C vào ngày 18/4/1990 (Hồng 1993). Millan (1971) cũng cho rằng các cây con của Avicennia bị chết sau 48 giờ khi gặp nhiệt độ 39-40°C.

Chapman (1977) cho rằng rừng ngập mặn chỉ phát triển khi biên độ nhiệt ở tháng lạnh nhất cao hơn 20°C, và biên độ dao động theo mùa không quá 10 độ. Sự phân bố của rừng ngập mặn trên thế giới ở giới hạn Bắc và Nam bán cầu trùng với đường đẳng nhiệt không khí 16°C vào tháng lạnh nhất. Nhận xét của Chapman đã gây nhiều tranh cãi vì trên thực tế nhiệt độ trung bình tháng lạnh nhất trên dưới 10°C vẫn có rừng ngập mặn mặc dù phát triển kém hơn, như một số rừng ngập mặn ở các đảo phía nam Nhật Bản, Hồng Kông... ở cực nam của Nhật Bản và Trung Quốc (Bắc Hải, Hải Nam, Phúc Kiến) là vùng ôn đới ẩm, hoặc khu vực Hồng Hải, nơi có nhiệt độ cao, độ ẩm thấp thì vẫn có cây ngập mặn nhưng số loài cây ít, đa số cây ở dạng bụi, thấp.

Tuy nhiên, một số tác giả khác lại cho rằng mối tương quan này thể hiện với nhiệt độ nước, tức là sự có mặt của rừng ngập mặn ở những vùng mà nhiệt độ nước tháng nóng nhất không quá 24°C. Một số tác giả khác lại kết hợp cả hai yếu tố này để giải thích sự có mặt của rừng ngập mặn ở một vùng nào đó (Saenger và cộng sự. 1983).

Trong các nhân tố khí hậu thì lượng mưa là nhân tố quan trọng, với vai trò cung cấp nguồn nước ngọt cho tăng trưởng và phát triển của cây ngập mặn. Chẳng hạn như ở ven biển Nam Bộ, trong điều kiện nhiệt độ bình quân năm ở Cà Mau và Vũng Tàu chênh lệch

nhau rất ít (chỉ 0,7°C), nhưng lượng mưa ở Cà Mau trung bình hàng năm 2000-2200 mm với 120-150 ngày mưa lớn hơn nhiều so với ở Vũng Tàu (1357mm/ năm) nên rừng ngập mặn ở Cà Mau phong phú hơn, kích thước cây cũng lớn hơn. Rừng ngập mặn ở mũi Cà Mau được xem là rộng lớn và đẹp nhất trong cả nước, trong khi các vùng ven biển cửa sông Khánh Hòa, các vùng ven biển miền Trung với lượng mưa chưa tới 1000 mm / năm thì thảm thực vật ngập mặn rất nghèo nàn. Các thí nghiệm theo dõi tăng trưởng của 3 loài *Kandelia candel*, *Rhizophora apiculata* và *R. stylosa* cho thấy sự phát triển không bình thường của những cây sống trong những vùng thiếu nước ngọt (Hồng 1993).

Ngoài ra, gió cũng là nhân tố tác động tới sự phân bố của thực vật ngập mặn qua sự ảnh hưởng tới độ thoát hơi nước, nhiệt độ nước, gió mùa và xói lở bờ, đặc biệt là gió bão thường xuyên vùng nhiệt đới.

2. NỀN BÙN

Trên thực tế cây ngập mặn có thể mọc trên nền cát, than bùn, sỏi và rạn san hô, nhưng đất bùn mềm vẫn là thích hợp nhất đối với sự phát triển của chúng. Các loại đất bùn này thường nằm dọc các vùng ven biển cửa sông, ven các vụng, vịnh. Bản thân rừng ngập mặn lại có tác dụng ngược lại làm tăng lắng đọng trầm tích, mở rộng các bãi bồi. Ở các vùng ven biển miền Bắc, miền Trung nước ta cây rừng ngập mặn đa số có kích thước nhỏ, chủ yếu phát triển trên đất bãi bồi do các sông mang ra có nguồn gốc đất lateritic, đôi khi có hàm lượng cát khá lớn.

Các rừng ngập mặn vùng Yên Hưng (Quảng Ninh) nhận phù sa từ đất lateritic ở vùng đồi do các sông Chanh, Bạch Đằng... chuyển ra. Các cửa sông của hệ thống sông Hồng mặc dù có các bãi bồi đất bùn nhưng do điều kiện khí hậu không thuận lợi nên các loài cây ở

đây thường thấp bé. Rừng ngập mặn ở miền tây Nam Bộ nhận phù sa giàu chất dinh dưỡng của sông Cửu Long và trầm tích của vùng biển nông nên cây sinh trưởng tốt, nhất là các bãi bồi nhiều bùn ở Cà Mau và ven biển đồng bằng sông Cửu Long có hàm lượng bùn sét cao là điều kiện rất thuận lợi cho rừng ngập mặn phát triển.

3. CHE CHẮN VÀ BẢO VỆ

Đây là một nhân tố hết sức quan trọng, bởi vì nếu không có các đảo che chắn phía ngoài thì sóng, gió sẽ dễ dàng đánh bạt các quả, hạt giống, cây con, trụ mầm làm cho chúng không thể cố định trên bãi bùn được. Ở những vùng ven biển cửa sông, ven các vụng, vịnh có các đảo che chắn ở phía ngoài là vị trí rất thuận lợi cho rừng ngập mặn phát triển. Một ví dụ khá điển hình là rừng ngập mặn phát triển khá tốt ở Tiên Yên (Quảng Ninh) nơi có nhiều đảo che chắn phía ngoài.

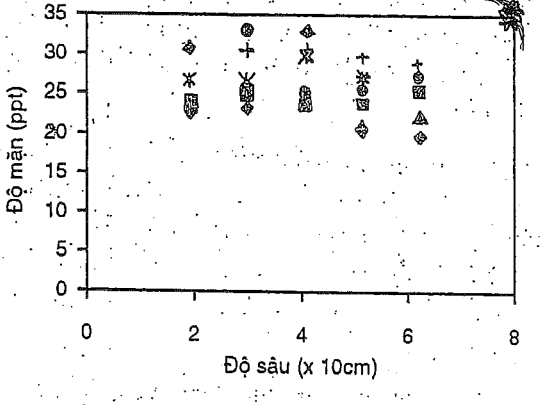
Ở nước ta, gió mùa đông bắc về mùa đông đem theo không khí lạnh từ phía bắc xuống ảnh hưởng rất lớn đến sự sinh trưởng và sự phân bố của thực vật nhiệt đới nói chung và cây ngập mặn nói riêng ở ven biển phía Bắc. Gió chướng là nguyên nhân trực tiếp gây ra nước dâng, đẩy nước có độ mặn cao hơn từ biển vào sâu trong các cửa sông Cửu Long tạo điều kiện cho cây ngập mặn vào sâu trong nội địa. Gió mang cát từ bờ biển di chuyển vào đất liền, lấp một số vũng, bàu nước mặn, nước lợ và tiêu diệt các cây ngập mặn ở miền Trung. Do đó, ở các vùng ven biển rừng ngập mặn không thể phát triển được hoặc phát triển rất kém ở những nơi không có các đảo che chắn phía ngoài.

4. NƯỚC MẶN

Nhiều người cho rằng hầu hết các cây ngập mặn không phải là thực vật chịu mặn bắt buộc (halophyte), nhưng nếu thêm một ít

muối vào môi trường thì một số cây này có tốc độ tăng trưởng tối thích. Chapman (1977) thì lại cho rằng chi đước *(Rhizophora)* là thực vật chịu mặn bắt buộc bởi vì chúng sẽ tăng trưởng kém khi không có muối. Vu Van Cương (1964) cũng cho rằng *Ceriops tagal* và *Avicennia officinalis* sẽ không phát triển được trong điều kiện thiếu muối.

Độ mặn có ảnh hưởng đáng kể đến sinh trưởng của cây ngập mặn. Khác với cây trên đất liền, nồng độ muối vừa phải là điều kiện tiên quyết cho cây sinh trưởng tốt. Nhiều nghiên cứu cho thấy, cây ngập mặn có thể tồn tại được trong nước ngọt một thời gian nào đó nhưng sinh trưởng của cây giảm dần, sau vài tháng nếu không được cung cấp muối cây sinh trưởng rất kém, lá cây có nhiều chấm đen và vàng do sắc tố bị phân hủy, lá sớm bị rụng. Hầu hết các cây ngập mặn đều sinh trưởng tốt ở nước có độ mặn từ 25% đến 50% độ mặn nước biển. Khi độ mặn càng cao thì sinh trưởng càng kém, sinh khối của rễ, thân, lá đều thấp dần, lá sớm rụng (Seanger và cộng sự, 1983).



Hình 1: Sự thay đổi độ mặn của đất theo độ sâu khác nhau ở các mẫu đất rừng ngập mặn Thái Bình và Nam Định

Kết quả nghiên cứu lá *A. marina* mọc ở các độ mặn khác nhau cho thấy độ mặn không ảnh hưởng tới quá trình ra lá non của cây, điều đó chứng tỏ độ mặn không ảnh hưởng tới sự phân chia tế bào mô phân sinh hình thành lá mới, nhưng độ mặn cao lại làm cho lá chóng già và sớm rụng, số lượng lá trên cây giảm; kết quả là cây sinh trưởng kém. Độ mặn cũng có ảnh hưởng nhiều tới sự nảy mầm của hạt và cây con, độ mặn môi trường càng cao thời gian nảy mầm càng chậm, có thể là do khả năng hút nước của hạt ở độ mặn cao thấp hơn ở các độ mặn khác.

Mai Sỹ Tuấn (1996) đã công bố các kết quả nghiên cứu tác động của 7 loại độ mặn nước biển khác nhau (0, 25, 50, 75, 100, 125 và 150 %) lên các quá trình nảy mầm, tăng trưởng và quang hợp của *Avicennia marina* trong điều kiện thí nghiệm . Kết quả cho thấy ở độ mặn thấp tỉ lệ nảy mầm cao và tốc độ nảy mầm nhanh hơn độ mặn cao, giá trị tối thích ở tỉ lệ nước biển 25%. Độ mặn cao làm giảm tốc độ tăng trưởng và tăng rụng lá. Tuy nhiên, *Avicennia marina* vẫn duy trì được quang hợp ở độ mặn cao (125 và 150% nước biển), hầu hết các cây con đều tăng trưởng được ở độ mặn cao. Độ mặn là một nhân tố quan trọng tác động lên quá trình tăng trưởng của cây con *Avicennia marina*, là loài thực vật chịu mặn có hiệu quả.

Ở nước ta, rừng ngập mặn phát triển rất tốt ở vùng mũi Cà Mau nơi mà hàm lượng muối trung bình 22-26 ppt. Kích thước cây và số lượng loài giảm đi khi độ mặn tăng như ở Quảng Ninh, Cam Ranh. Một số loài có thể chịu được độ mặn cao vào mùa khô và độ mặn khá thấp vào mùa mưa như: *Avicennia alba, A. marina, Rhizophora mucronata* và *R. stylosa*.

Chapman (1977) lại cho rằng thực chất vai trò của muối ở chỗ: cùng trong môi trường nước mặn các loài cây khác tăng trưởng chậm, không thể cạnh tranh với các loài cây ngập mặn và cuối

cùng chúng bị muối loại bỏ hoặc làm cho suy giảm. Từ quan điểm này người ta cho rằng muối là nhân tố quan trọng tác động thông qua quá trình đấu tranh sinh tồn và thích nghi, tạo điều kiện cho cây ngập mặn tồn tại và phát triển.

5. BIÊN ĐỘ TRIỀU

Thực tế cho thấy biên độ triều càng rộng thì thành phần các quần xã rừng ngập mặn càng phong phú. Biên độ thủy triều thường đi đôi với địa hình khu vực tạo điều kiện cho rừng ngập mặn phát triển mở rộng theo chiều ngang. Do phụ thuộc vào biên độ triều, ở những nơi bờ biển sâu thì phân vùng hẹp hơn nơi bờ biển thoai thoải. Mặc dù nhân tố này không ảnh hưởng trực tiếp về mặt sinh lý nhưng nó đóng vai trò quan trọng về mặt phân bố, cấu trúc các quần xã. Chẳng hạn như, rừng ngập mặn ở phía Tây bán đảo Cà Mau có biên độ triều ở Vịnh Thái Lan là 0,5 - 1 m thì khác rất nhiều so với rừng ngập mặn phía Đông và Đông Nam cả về thành phần loài và sự phân bố.

Tuy nhiên, dựa trên một số kết quả thí nghiệm cũng như quan sát ngoài thực địa thì một số tác giả cho rằng rừng ngập mặn cũng phát triển ở cả những vùng không có nước triều (Stodart và cộng sự 1973).

6. CÁC DÒNG HẢI LƯU

Các dòng hải lưu là nhân tố chính giúp cho việc phát tán quả, hạt và trụ mầm dọc theo các vùng ven biển. Ở nước ta, do tác động của gió mùa Tây Nam và dòng hải lưu chảy từ Ấn Độ dương qua Indonesia và Malaysia lên đến vùng ven biển miền Nam, bởi vậy thành phần loài thực vật ngập mặn ở đây tương tự như ở các nước Đông Nam Á. Trong khi đó dòng hải lưu mang hạt giống và cây con lên phía Bắc bị thay đổi hướng lên vĩ độ 12 do ảnh hưởng của

gió mùa Đông và Đông Nam đã ngăn cản phần lớn hạt giống cây ngập mặn tới được bờ biển phía Bắc mà lại dạt vào bờ đảo Hải Nam (Trung Quốc).

Chapman (1977) cho rằng giới hạn Nam của rừng ngập mặn nằm ở ven biển Tây Phi trùng với nơi giao thoa giữa các dòng hải lưu nóng và lạnh. Đặc điểm này cũng tương tự như ở ven biển miền Tây nước Úc và nam Mỹ. Do các dòng hải lưu ở Nam bán cầu đều chảy lên hướng Bắc nên nó hạn chế quá trình phát tán quả, hạt, trụ mầm trôi nổi xuống phía Nam.

7. BỜ BIỂN NÔNG

Thực tế cho thấy cây ngập mặn chỉ mọc được trên đất ngập triều khá nông, bởi vì cây con không thể cố định được trong nước sâu. Mặt khác, phần lớn các bộ phận phía trên của cây cũng không thể ngập nước sâu được. Chapman (1977) cho rằng nước càng nông, thoai thoải thì rừng ngập mặn càng được mở rộng, ở những nơi bờ biển nông nhưng hẹp thì rừng chỉ hình thành một dải ven bờ nước.

Mặc dù còn thiếu những công trình nghiên cứu chi tiết đối với từng loài nhưng nhìn chung những yếu tố tối thiểu cho cây ngập mặn phát triển là bờ biển được che chắn với khí hậu ôn hòa, đất bùn mềm với thủy triều thích hợp, cũng như sẵn có nguồn cây con, cây giống. Việc lý giải sự có mặt, phân bố và độ nhiều của một loài nào đó phụ thuộc vào sự tác động tổng hợp các nhân tố và tất nhiên còn tùy thuộc vào đặc tính của mỗi loài thực vật nữa. Việc phân tích các nhân tố trên đây có tác dụng rất lớn trong trồng mới và khôi phục lại rừng ngập mặn đang bị suy thoái nghiêm trọng trên qui mô toàn cầu.

Chương 2
PHÂN BỐ, DIỄN THẾ VÀ PHÂN VÙNG RỪNG NGẬP MẶN

1. PHÂN BỐ RỪNG NGẬP MẶN TRÊN THẾ GIỚI VÀ Ở VIỆT NAM

1.1. Trên thế giới

Rừng ngập mặn phân bố chủ yếu ở các vùng cửa sông, ven biển nhiệt đới và một vài loài ở vùng á nhiệt đới. Theo đánh giá của Hutchings và Seanger (1987) thì diện tích rừng ngập mặn trên thế giới là 15.429.000 ha, trong đó 6.246.000 ha nằm ở vùng châu Á nhiệt đới và châu Đại Dương, 5.781.000 ha nằm ở vùng châu Mỹ nhiệt đới và 3.402.00 ha thuộc châu Phi. Tuy nhiên, theo một công bố khác của Field (1996) thì số liệu về sự phân bố và phân vùng rừng ngập mặn trên thế giới (bảng 1 và hình 2) cho thấy sự sai khác khá lớn. Điều này tuỳ thuộc vào phương pháp điều tra cũng như thời gian công bố của từng nước (Field, 1996).

Trên phạm vi toàn cầu, Wash (1974) cho rằng sự phân bố địa lý của rừng ngập mặn trên thế giới làm thành 2 khu vực chính là khu vực Ấn Độ - Thái Bình Dương bao gồm Nam Nhật Bản, Phi líp pin, Đông Nam Á, Ấn Độ, bờ biển Hồng Hải, Đông Phi, Úc, New Zealand, các đảo phía Nam Thái Bình Dương kéo dài tới quần đảo Xamoa và Khu vực Tây Phi - châu Mỹ bao gồm bờ biển châu Phi ở Đại Tây Dương, quần đảo Galapagos và châu Mỹ, và khu vực Ấn Độ - Malaysia được xem là trung tâm phân bố các loài cây ngập mặn. Các vùng rừng ngập mặn phồn thịnh nhất ở Đông Nam Á bao gồm: Malaysia, Indonesia, Thái Lan và Việt Nam.

Bảng 1. **Diện tích rừng ngập mặn của các nước trên thế giới**

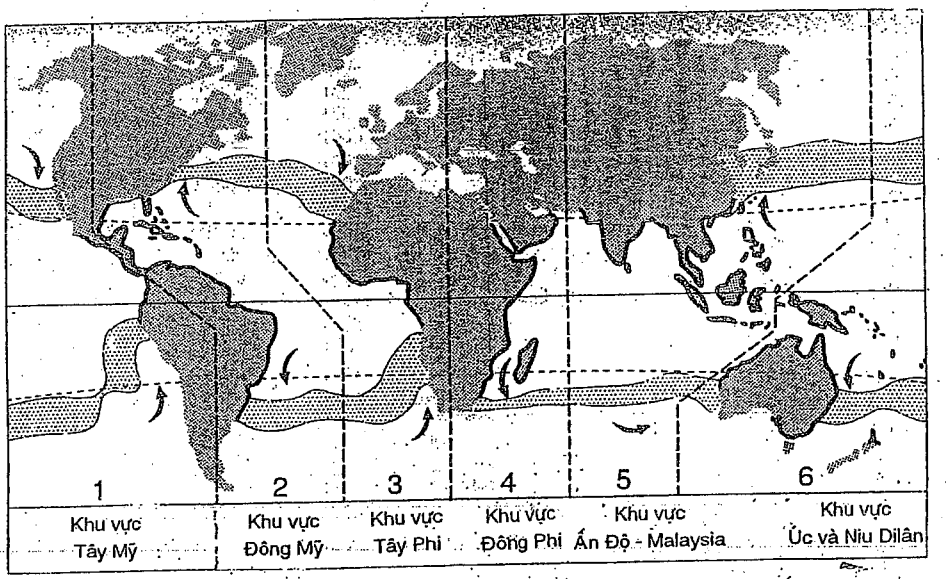
Tên nước và châu lục	Diện tích RNM (ha)	Năm đánh giá	Tên nước và châu lục	Diện tích RNM (ha)	Năm đánh giá
Châu Á			Bờ biển ngà	15000	1995
Băng la đét	405000	1983	Gibuti	30000	1995
Bru nây	18400	1995	Ghi nê xích đạo	25700	1995
Trung Quốc	67000	1983	Ga bông	612900	1995
Ấn Độ	356500	1983	Găm bia	49700	1995
Indônesia	4250000	1993	Ghana	10000	1995
Nhật Bản	400	1983	Ghi nê	296300	1995
Campuchia	25000	1995	Ghi nê Bi sô	248400	1995
Malaysia	641000	1993	Kê nya	53000	1993
Myanma	428500	1990	Liberia	19000	1995
Philippin	246700	1983	Ma đa gát xơ ka	331500	1993
Pakistan	249500	1983	Mô găm bích	85000	1993
Sri Lanka	63000	1986	Nigêria	1051500	1995
Thái Lan	174000	1993	Sê nê gan	185300	1995
Việt Nam	252500	1993	Sierra Leone	183800	1995
			Xô ma li	180000	1995
Châu Phi			Nam phi	1100	1983
Ăng gô la	125000	1995	Tan za lia	115467	1993
Benin	6900	1995	Tô gô	26000	1995
Camơrun	243400	1995	Zai ia	22600	1995
Công Gô	12000	1995			

Bảng 1. **Diện tích rừng ngập mặn của các nước trên thế giới** *(tiếp theo)*

Tên nước và châu lục	Diện tích RNM (ha)	Năm đánh giá	Tên nước và châu lục	Diện tích RNM (ha)	Năm đánh giá
Châu Mỹ			Pê ru	4791	1993
Ăng tin	24571	1993	Puerto Rico	6500	1983
Bahamas	141957	1993	Surinam	115000	1983
Belize	73000	1983	Trinidat	7150	1993
Brazil	1012376	1991	Mỹ	190000	1982
Đảo Cayman	7268	1993	Venezuela	250000	1986
Cô lôm bia	358000	1993			
Costa Rica	41330	1992	**Châu Úc**		
Cuba	529700	1992	Úc	1161700	1983
Đô mi ních ca	9000	1983	Fiji	38542	1985
Ecuador	161770	1991	Pa pua Niu ghi nê	411600	1983
El Salvador	35235	1992	Bắc Caledonia	20000	1983
Guadeloupe	8000	1983	Niu Zi lan	19800	1983
Guatemala	16040	1992	Đảo Sô lô mon	64200	1983
Guiana	5500	1983	Tông ga	1000	1983
Guyana	150000	1983			
Haiti	18000	1983	**Các nước Ả rập**		
Honduras	121340	1992	Iran	8900	1995
Jamaica	10624	1993	Quatar	600	1995
Mê hi cô	524600	1993	Ả rập Sau đích	20400	1995
Nicaragua	60000	1983	Các tiểu vương quốc Ả rập thống nhất	3000	1995
Panama	171000	1993			

Hình 2. Bản đồ phân bố rừng ngập mặn trên thế giới

Nguồn: Field, 1996 (theo Duke, 1992)



Theo một số tác giả thì sự phân bố của rừng ngập mặn ngày nay cho thấy khu vực giữa Malaysia và Bắc Úc là trung tâm tiến hóa của khu hệ thực vật ngập mặn (Ding Hou 1958). Tuy nhiên, trên cơ sở phân tích hóa thạch thì một số tác giả lại cho rằng trung tâm này nằm ở Tây Nam và Bắc Úc tới Papua New Guinea chứ không ở Malaysia. Ở Úc và Papua New Guinea có khoảng 30 loài cây gỗ và cây bụi thuộc 14 họ thực vật có hoa trong khu hệ thực vật rừng ngập mặn. Ngoài ra trong rừng ngập mặn còn có 10 loài thuộc 8 họ dây leo, bì sinh hoặc dưới tán và khoảng 10 - 15 loài phát triển tốt ở những vùng nội địa đôi khi lại gặp trong các quần xã rừng ngập mặn. Một số lớn các loài thực vật khác như tảo, cỏ biển, nấm, địa y cũng thấy trong các quần xã rừng ngập mặn, nhưng hầu hết các loài này không phải chỉ trong rừng ngập mặn mới có.

1.2. Ở Việt Nam

Trong các hệ sinh thái rừng ngập mặn ở nước ta, P.N. Hồng (1993) đã công bố 77 loài cây ngập mặn thuộc 2 nhóm được phân chia theo các điều kiện môi trường và dạng sống khác nhau. Nhóm 1 có 35 loài cây ngập mặn thuộc 20 chi của 16 họ, nhóm này thường được gọi là cây ngập mặn "thực thụ". Nhóm 2 có 42 loài thuộc 36 chi của 28 họ, nhóm này bao gồm các loài cây "gia nhập" rừng ngập mặn thường ở các rừng thứ sinh và rừng trồng trên đất cao. Sự phân bố địa lý rừng ngập mặn cũng thể hiện sự khác nhau giữa miền Nam và miền Bắc. Ở miền Nam có 69 loài, trong khi ở miền Bắc chỉ có 34 loài. Một số loài cây như *Rhizophora apiculata, R. mucronata, Bruguiera cylindrica, B. parviflora, Avicennia alba, A. officinalis, Ceriops decendra, C. tagal, Sonneratia alba, S. ovata* và *Nypa fruticans* chỉ có ở miền Nam, trong khi *Myoporum bontioides, Scaevola hainanensis* chỉ có ở miền Bắc.

Sự phân bố, độ nhiều của các loài thực vật ngập mặn ven biển Việt nam cho thấy phần lớn đều nằm ở ven biển Nam Bộ, rồi đến

Bắc Bộ và miền Trung. Sự khác biệt về độ nhiều cũng như thành phần loài có thể do nhiều nhân tố chi phối (hình 3).

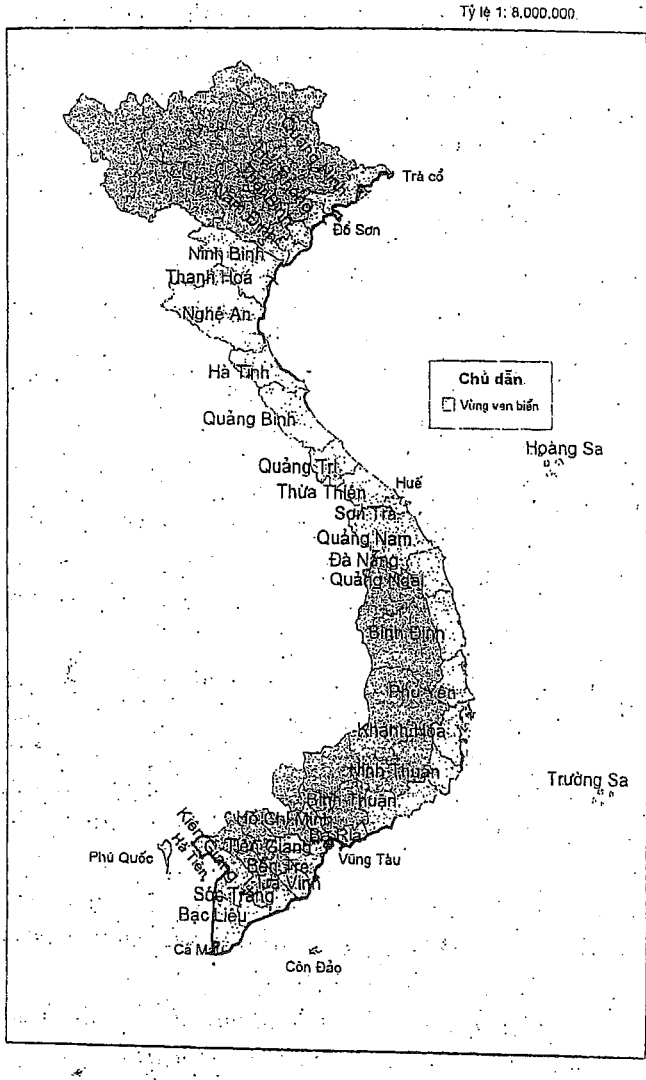
- Các vùng ven biển phía Nam gần với các trung tâm xuất phát nguồn giống (Úc; Malaysia) mà theo giả thuyết trôi dạt lục địa thì trước đây là những dải đất nối liền (Worker 1972). Việc khu hệ thực vật ngập mặn miền Trung nghèo hơn miền Bắc chủ yếu là do các nhân tố môi trường chi phối.

- Chế độ nhiệt ở các vùng ven biển phía Nam cũng gần với nơi tổ tiên nó xuất phát , đó là khí hậu ôn hòa, biên độ dao động nhiệt không lớn, hầu như không có mùa đông, lượng mưa nhiều...

- Các vùng ven biển này đều nông, nhiều phù sa của hệ thống sông Cửu Long, tạo nên những bãi bồi rộng lớn rất thích hợp cho sự phát triển của cây ngập mặn, trong khi các bãi bồi ở miền Trung đều hẹp, ngắn, ít có các đảo che chắn ở phía ngoài, còn ở Bắc Bộ có những bãi bồi lớn như các cửa của hệ thống sông Hồng nhưng thời tiết lại quá lạnh vào mùa đông, biên độ dao động nhiệt lớn và thường xuyên bị ảnh hưởng của gió bão.

Sự có mặt một loài thực vật ngập mặn ở một vùng cụ thể nào đó tùy thuộc vào điều kiện sinh thái khu vực, mà về mặt địa sinh học thì nhiệt độ, lượng mưa và nền đất đóng vai trò quyết định. Dọc theo ven biển miền Trung số lượng loài và cấu trúc nghèo nàn, có lẽ đơn giản một phần do nền đất nhiều cát, lượng mưa ít hơn, lạnh và giá vào mùa đông, cùng với các yếu tố bất lợi khác. Trong số các loài có biên độ phân bố rộng phải kể đến các loài thuộc chi Avicennia, Aegiceras, Excoecaria agalocha và Kandelia candel trong khi *Rhizophora apiculata* chỉ thấy ở miền Nam.

Ở nước ta, P. N. Hồng là người đầu tiên đã đề cập đến phân bố địa lý và diễn thế các quần xã rừng ngập mặn trong rất nhiều công trình nghiên cứu (Hồng 1970, 1975, 1991, 1996). Theo tác giả, rừng ngập mặn Việt Nam được chia thành 4 khu vực bao gồm: bờ



Hình 3. Bản đồ phân bố rừng ngập mặn ven biển Việt Nam

biển Đông Bắc (từ mũi Ngọc đến mũi Đồ Sơn), bờ biển đồng bằng Bắc Bộ (từ mũi Đồ Sơn đến Lạch Trường), bờ biển Trung Bộ (từ Lạch Trường đến mũi Vũng Tàu), và bờ biển Nam Bộ (từ mũi Vũng Tàu đến mũi Nải Hà Tiên). Bốn vùng trên lại được phân ra thành 12 tiểu khu, tùy thuộc vào điều kiện thủy triều, địa hình, địa mạo và thảm thực vật ngập mặn từng khu vực.

Khu vực I: Ven biển Đông Bắc, từ mũi Ngọc đến mũi Đồ Sơn:

Bờ biển bị chia cắt phức tạp tạo nên các vịnh ven bờ và các cửa sông hình phễu, có nhiều đảo bảo vệ, hạn chế gió bão. Các sông chính thường có độ dốc lớn, dòng chảy mạnh chuyển phù sa ra bờ chỉ giữ lại trên thể nền đất bùn sét có cát, tương đối phù hợp với sự sinh trưởng của cây ngập mặn. Lượng mưa hàng năm khá lớn (trên dưới 2.500mm), mùa mưa thường kéo dài từ tháng 4 đến tháng 11; mùa khô cũng có mưa (chiếm 20-25% lượng mưa/năm), nhờ đó mà cây ngập mặn vẫn có một lượng nước phong phú và đồng đều. Độ mặn của nước triều trong năm tương đối cao và ít thay đổi phù hợp với một số loài cây chịu mặn cao.

Tuy thảm thực vật ngập mặn ở khu vực này phân bố rộng nhưng kích thước cây bé, phần lớn là cây nhỏ, cây gỗ lùn hoặc dạng cây bụi do chịu tác động của nhiệt độ thấp, gió mùa đông bắc và do đất nghèo chất dinh dưỡng, trừ phần khu vực phía bắc có nhiều phù sa, lượng mưa lớn và ít chịu tác động của con người. Các quần xã chủ yếu là:

- Quần xã mắm biển *(Avicennia marina)* tiên phong với các loài cỏ gà, muối biển *(Suaeda maritima)* trên các bãi mới bồi nhiều bùn cát, xa bờ, ngập triều trung bình thấp.

- Quần xã sú *(Aegiceras corniculatum)* tiên phong ở gần bờ, có các loài phụ: mắm biển, cỏ gấu biển *(Cyperus stoloniferus)*.

- Quần xã hỗn hợp đâng *(Rhizophora stylosa)*, trang *(Kandelia candel)*, vẹt dù *(Bruguiera gymnorrhiza)*, sú trên đất ngập triều trung bình.

• Quần xã vẹt dù ưu thế với các loài đâng, trang, sú ở trên đất chỉ ngập triều cao trung bình trở lên.

• Quần xã cây gỗ trên đất chỉ ngập triều thật cao: xu *(Xylocarpus granatum)*, cui biển *(Heritiera littoralis)*, giá *(Excoecaria agallocha)*, cói *(Scyphiphora hydrophyllacea)*, tra *(Hibiscus tiliaceus)*, hếp *(Scaevola taccada)*, mướp sát *(Cerbera odolans)*, vạng hôi *(Clerodendron inerme)*.

• Quần xã hỗn hợp chuyển tiếp: mắm biển, bần chua *(Sonneratia caseolaris)*, sú và các loài phụ đâng, vẹt, trang ở ngoài đê biển vùng nước lợ phía Nam từ sông Đá Bạch trở xuống.

Khu vực II: Ven biển đồng bằng Bắc Bộ, từ mũi Đồ Sơn đến cửa Lạch Trường:

Khu vực này nằm trong phạm vi bồi tụ của hệ thống sông Thái Bình, sông Hồng và các phụ lưu, nên phù sa nhiều, giầu chất dinh dưỡng, biên độ triều lớn 3-4 m, bãi bồi rộng ở cả cửa sông và ven biển, nhưng chịu tác động của gió, bão nên cây ngập mặn kém phát triển. Ở khu vực này tốc độ quai đê lấn biển tương đối nhanh nên cây ngập mặn chỉ phân bố hẹp ngoài đê, ven các cửa sông. Các quần xã chính là:

• Quần xã cây bụi thấp: sú *(A.corniculatum)* và ô rô *(Acanthus ilicifolius)* cằn cỗi trên nền cát bùn.

• Quần xã cây nước lợ điển hình: bần chua ưu thế ở tầng cao. Các loài cây khác: ô rô, cói *(Cyperus malaensis)*, sú phân bố trên bãi lầy có bùn sâu, trong các cửa sông.

Từ cửa sông Văn Úc trở vào dọc bờ biển hầu như rất ít rừng ngập mặn tự nhiên, trên các bãi lầy chỉ có một số loài chịu mặn như cỏ gấu biển, cỏ gà đặc biệt là cỏ ngạn *(Scirpus sp.)* phát triển mạnh, có khi che kín cả bãi, thu hút các loài ngỗng, vịt trời đến kiếm ăn thành từng đàn như ở Giao Thuỷ (Nam Định) và Kim Sơn (Ninh Bình). Từ lâu nhân dân ta đã trồng trang *(Kandelia candel)* và sậy *(Phragmites communis)* để bảo vệ đê, tạo thành quần xã

nhân tạo trang-sậy với các loài cỏ mọc tự nhiên dài hàng chục cây số. Chỉ trong các cửa sông mới có các quần xã cây ngập mặn tự nhiên với loài cây chủ yếu là sú và ô rô. Do nhân dân chặt quá mức nên rừng chỉ còn ở dạng cây bụi thấp, cằn cỗi.

Khu vực III: Ven biển miền Trung từ cửa Lạch Trường đến mũi Vũng Tàu

Đây là dải đất hẹp, trừ một phần phía bắc từ Diễn Châu (Nghệ An) trở ra, bờ biển song song với dãy Trường Sơn, sông ngắn, dốc, ít phù sa không thể bồi đắp thành bãi lầy ven biển. Mặt khác, do bờ biển dốc, sâu nên không giữ được lượng phù sa ít ỏi. Khu vực này cũng chịu tác động mạnh của gió bão và gió mùa. Mưa tập trung nhiều vào thời kỳ bão, gây ra nước biển dâng và lũ lụt. Gió mùa đông bắc ngoài tác động gây ra sóng lớn, nhiệt độ thấp còn tạo ra các cồn cát, đụn cát ven biển, làm cho địa hình phức tạp và cát bay làm thu hẹp các cửa sông. Dọc bờ biển không có cây ngập mặn mà chỉ có ở phía trong các cửa sông làm thành một số dải hẹp, phân bố không đều, do ảnh hưởng của địa hình, sóng và tác động của các đụn cát. Các quần xã chủ yếu là:

- Quần xã tiên phong mắm biển dọc các bãi lầy ở các cửa sông.
- Quần xã hỗn hợp đâng-trang với các loài khác là vẹt, sú.
- Quần xã cây bụi thấp: sú ưu thế. Các loài phụ: vẹt dù, mắm biển.
- Quần xã cây nước lợ với bần chua ưu thế, dưới tán bần là ô rô, cói, có khi phân bố sâu vào đất liền xa cửa biển 30-40km.

Từ mũi đèo Hải Vân trở vào, khí hậu thuận lợi do không còn chịu ảnh hưởng của gió mùa đông bắc nên thành phần loài phong phú hơn.

- Quần xã đưng *(R.mucronata)* tiên phong ở bờ biển phía tây các bán đảo.
- Quần xã đưng và đước *(R.apiculata)* với các loài xu ổi, vẹt dù, vẹt tách *(B.parviflora)*.

- Quần xã mắm quăn *(A.lanata)* và mắm lưỡi đồng *(A.officinalis)* trên đất ngập triều cao với các loài phụ: cối *(Scyphiphora hydrophyllacea)*, cóc đỏ *(Lumnitzera littoralis)*, dà quánh *(Ceriops decandra)*.

- Quần xã hỗn hợp cây ít ngập triều: tra-xu-mướp sát-giá với các loài vạng hôi, hếp, cui và chà là *(Phoenix paludosa)*.

- Quần xã nước lợ: bần chua vẫn là loài ưu thế, ô rô gai, cói, ngoài ra còn có mây nước *(Flagellaria indica)*, cốc kèn *(Derris trifoliata)*.

Khu vực IV: Ven biển Nam bộ, từ mũi Vũng Tàu đến Hà Tiên:

Khu vực này thuộc phạm vi bồi tụ của hệ thống sông Cửu Long và hệ thống sông Đồng Nai. Địa hình bằng phẳng, thấp, sông và kênh rạch chằng chịt, nhiều phù sa giầu chất dinh dưỡng, lượng nước ngọt về mùa mưa lớn, ít chịu tác động của bão. Gió mùa tây nam và dòng chảy từ Ấn Độ Dương và biển Đông đã chuyển hạt cây giống từ vùng xích đạo lên. Nói chung, điều kiện khá thuận lợi cho cây ngập mặn sinh trưởng và phân bố rộng, các quần xã cũng phong phú nhất, đặc biệt là các vùng ven biển Tây Nam Bộ và bán đảo Cà Mau.

Rừng ngập mặn Đông Nam Bộ (Rừng Sát)

Vũ Văn Cương (1964) đã nghiên cứu khá đầy đủ về các quần xã thực vật ở rừng Sát trước khi bị rải chất diệt cỏ. Trước đây Rừng Sát thuộc địa phận hành chính của các tỉnh Gia Định, Biên Hòa và Phước Tuy. Từ 1978 đến nay phần lớn diện tích thuộc Thành phố Hồ Chí Minh, một phần nhỏ thuộc các tỉnh Đồng Nai và Bà Rịa - Vũng Tàu. Theo tác giả này thì rừng ngập mặn ở đây có hai nhóm: nhóm ngập mặn và nhóm nước lợ.

Nhóm thực vật ngập mặn gồm các loại quần thể và quần xã sau:

- Quần thể bần trắng *(Sonneratia alba)* tiên phong ở bãi mới bồi, ngập nước triều sâu, cây gỗ cao 8 -10m, và một số cây đứng

(R. mucronata) ven sông Soài Rạp, Đồng Tranh và một số cửa sông nhỏ.

- Quần xã đước *(R. apiculata)* và bần trắng *(S. alba)* được hình thành trên đất bồi đã ổn định nhờ quần thể tiên phong phân bố ở ngã ba Rạch Hào, sông Dinh, xã Thanh An.

- Quần xã xu ổi *(X. granatum)* và đước *(R. apiculata)* hình thành trên đất có độ ngập 2-2,5 m ngoài ra còn một số loài khác như dà vôi *(Ceriops tagal)*, mắm trắng *(A. alba)* phân bố ở Tam Thôn Hiệp, hữu ngạn sông Ngã Bảy, Tắc Ông Cừ, sông Dừa.

- Quần xã *R. apiculata* và *Ceriops tagal* hình thành trên đất ngập triều cao 2,5 - 3 m ở xã Thạnh An, được chiếm ưu thế, cao trên 10m cùng với các loài khác như mắm lưỡi đòng *(A. officinalis)*, xu ổi, xu sung *(X. granatum, X. moluccensis)*, dà quánh *(C. decandra)*.

- Quần xã mắm lưỡi đòng *(Avicennia officinalis)* và dà quánh *(Ceriops decandra)* hình thành trên đất ngập triều cao 2,5-3,0m cùng với các loài khác như xu sung, dà vôi, cóc đỏ *(Lumnitzera littorea)*, phân bố ở ngã ba Đồng Tranh, Tắc Ông Cừ, dọc sông Lòng Tàu.

- Quần xã giá *(Excoecaria agalocha)* và chà là *(Phoenix paludosa)* nằm trên vùng đất chỉ ngập triều thật cao (3,3 - 4,0m) cùng với xu sung, dà vôi, ráng *(Acrostichum aureum)*, cui biển *(Heritiera littoralis)*, mây nước *(Flagellania indica)*, phân bố ở Tam Thôn Hiệp, Lý Nhơn, ngã ba Chó Tru, Tắc Dừa, An Thới Đông.

Nhóm thực vật nước lợ phân bố dọc theo các mép sông nước lợ ở phía bắc Cần Giờ và dọc cửa sông Đồng Nai, có chiều rộng 5 - 15m. Có thể chia thành 4 quần xã:

- Bần chua *(Sonneratia caseolaris)* loài tiên phong mọc trên đất vùng ngập nước triều 1 - 1,5m, cây cao từ 8 - 10 m.

- Quần xã mái dầm *(Cryptocoryne ciliata)* và ô rô *(Acanthus ebracteatus)* với các loài dừa nước *(Nypa fruticans)*, cói *(Cyperus malacensis)*, dây mật *(Derris heterophylla)* phân bố ở vùng đất ngập triều 1,5 - 2 m.

- Quần xã mãng cầu *(Annona reticulata)* và mây nước *(Flagellaria indica)* cùng các loài khác như dái ngựa nước *(Amoora uculata)*, nanh heo *(Barringtonia acutangula)*, trâm *(Gardenia lucida)* mọc trên vùng đất ngập nước triều 2 - 3m có cây cao 6 - 8 m.

- Quần xã mua *(Melastoma polyanthum)* và sưa biển *(Dalbergia candenatensis)* cùng các loài khác như dứa dại *(Pandanus tectorius)*, bọt ếch biển *(Glochidion littorale)*, tra *(Hibiscus tiliaeus)*, tra biển *(Thespesia populnea)*, vạng hôi *(Clerodendron inerme)*, sài hồ *(Pluchea indica)* mọc trên vùng đất ngập nước triều 3 - 4m.

Rừng ngập mặn vùng cửa sông Cửu Long

Là một vùng trũng được phù sa bồi đắp thường xuyên nên địa hình bằng phẳng, có độ dốc không lớn, bờ biển nông ít chịu tác động của bão tạo điều kiện rất thuận lợi cho rừng ngập mặn hình thành và phát triển. Về mùa mưa lưu lượng nước lớn, nhưng mùa khô trùng với thời kỳ nước triều cường, lại chịu tác động của gió mùa đông bắc (gió chướng) nên cây ngập mặn phân bố dọc theo các bờ sông vào sâu trong đất liền. Sự phân bố của các quần xã chính như sau:

* Các quần xã rừng ngập mặn thuộc vùng cửa sông Ba Lai

Sông Ba Lai là một nhánh thuộc hệ thống sông Cửu Long, nằm giữa hai huyện Ba Tri và Bình Đại (tỉnh Bến Tre) có lưu lượng

không lớn, tốc độ dòng chảy chậm, phù sa chủ yếu tập trung ở các triền sông và kênh rạch. Ngược lại, nước triều lấn rất sâu vào nội địa nên độ mặn của nước, đất cao hơn tất cả các nhánh sông Cửu Long khác. Điều đó đã ảnh hưởng rõ rệt đến sự phân bố và thành phần các loài cây ngập mặn. Có thể thấy một số quần thể và quần xã điển hình như:

- Quần thể bần trắng *(Sonneratia alba)* tiên phong trên các bãi lầy mặn hẹp phía ngoài cửa sông.

- Quần xã mắm trắng *(Avicennia alba)* - bần trắng *(S. alba)* ở phía trong quần thể tiên phong, trên đất ngập triều trung bình cùng với các loài khác như đưng *(R. mucronata)*, vẹt tách *(Bruguiera parviflora)* mọc rải rác.

- Quần xã mắm trắng *(A. alba)* - mắm lưỡi đồng *(A. officinalis)* dọc cửa sông hướng vào nội địa, nơi ngập triều trung bình cao. Ngoài ra còn có các loài khác như đưng, dà vôi, xu ổi.

- Quần xã cóc vàng *(Lumnitzera racemosa)* - xu ổi *(Xylocarpus granatum)* trên đất chỉ ngập triều cao cùng với các loài khác như dà vôi, dà quánh, mắm quăn.

- Quần xã giá *(Excoecaria agalocha)*- tra *(Hibiscus tiliaceus)* trên đất cao ít khi ngập triều, cùng với các loài khác như tra biển *(Thespesia populnea)*, mớp sát *(Cerbera odolens)*, chà là *(Phoenix paludosa)*, sam biển *(Sesuvium portulastrum)*.

* Sự phân bố các rừng ngập mặn ở những cửa sông Tiền (cửa Đại, cửa Tiểu, cửa Hàm Luông)

Có thành phần tương tự như ở cửa sông Ba Lai, rừng ở đây bao gồm các loài cây nước lợ và cây rộng muối. Các quần xã chủ yếu bao gồm:

- Quần thể bần chua *(S. caseolaris)* tiên phong trên đất mới bồi phía ngoài cửa sông.

- Quần xã bần chua *(S. caseolaris)* - mắm trăng *(Avicennia alba)* trên đất ngập triều trung bình. Các loài khác: mắm lưỡi đồng rải rác, vài chỗ có dừa nước, mùa khô do nước mặn, cây thường bị cháy lá và bị sâu phá.

- Quần xã dừa nước *(Nypa fruticans)* - mái dầm *(Cryptocoryne ciliata)* phân bố dọc triền sông phía đất liền cùng với các loài khác nhạ ô rô gai, cói

- Quần xã cốc kèn *(Derris trifoliata)* - cỏ mui *(Wedelia biflora)* trên đất ít ngập triều. Các loài khác có ô rô gai *(Acanthus ilicifolius)*, sậy *(Phragmites karka)*.

* Các quần xã rừng ngập mặn ở lưu vực sông Cổ Chiên

Với lưu lượng tương đối lớn (28%, Q = 650m^3/s về mùa khô), nhưng khi ra gần đến cửa sông, nước sông chảy chậm tạo nên dãy đảo (cù lao) và tách sông thành 2 nhánh đổ ra hai cửa Cổ Chiên và Cung Hầu. Tác động của nước triều mạnh và sâu hơn sông Hàm Luông nên nồng độ muối cao hơn, ít thay đổi hơn các cửa sông khác, thuận lợi cho các loài cây ngập mặn, đặc biệt là mắm trắng phát triển mạnh. Loài này cùng với mắm lưỡi đồng phát triển thành quần xã dày đặc, cây cao khoảng 10m. Đây là loại rừng phòng hộ bảo vệ bờ sông chống xói lở rất hiệu quả. Ở các bãi đang bồi, bần trắng *(Sonneratia alba)* thường là loài cây tiên phong, sau đó mắm trắng định cư, tạo ra quần xã tiên phong hướng về phía biển. Phía sau là quần xã hỗn hợp, trong đó có đưng và rải rác có đước cùng với dà quánh.

Rừng ngập mặn ở mũi Cà Mau

Mũi Cà Mau là một vùng đất mới (trầm tích Holoxen) nằm kẹp giữa biển Đông và vịnh Thái Lan với các bãi bồi ngày càng phát triển về phía tây nam. Hầu hết các sông thông với biển cả hai phía Biển Đông và vịnh Thái Lan qua hệ thống kênh rạch chằng chịt nối

liền các sông với nhau nên độ mặn trong năm thay đổi không nhiều như ở vùng cửa sông Cửu Long. Các sông này nhận được một phần lượng phù sa của hệ thống sông Cửu Long trong năm, phần lớn phù sa được dòng hải lưu chuyển về phía tây nam, tạo điều kiện cho rừng ngập mặn phát triển mạnh. Cà Mau có diện tích rừng ngập mặn lớn nhất trong các vùng có rừng ngập mặn ở nước ta. Thành phần và kích thước của cây cũng cao hơn các vùng khác, các quần xã đặc trưng ở đây bao gồm:

- Quần xã mắm biển *(A. marina)* thuần loại mọc trên nền đất cát bùn ngập triều trung bình cao hoặc triều cao, rừng già có nhiều cây lớn (đường kính 25 - 40 cm) cao 8 - 10 m, thân rỗng ruột, phân cành nhiều và thấp, dáng cây không thẳng. Một số nơi có giá, mắm lưỡi đồng. Phân bố dọc sông Bồ Đề, xóm Khai Long (Đất Mũi).

- Quần xã mắm lưỡi đồng *(A. officinalis)* thuần loại, có chỗ là loài ưu thế cùng với mắm là dà vôi, dà quánh mọc dưới tán, mọc trên nền đất bùn sét hơi chặt, ngập triều trung bình, phân bố khá rộng ở Tam Giang, Rạch Gốc (Tân An), ven biển Viên An Đông, Viên An Tây, Đất Mũi.

- Quần xã mắm trắng *(A. alba)* mọc trên đất mới bồi, bùn mềm, ngập triều thấp tập trung ở ven biển phía tây nam.

- Quần xã đước *(R. apiculata)* - vẹt tách *(B. parviflora)* mọc trên nền đất sét chặt hai bờ kênh rạch, ngập triều trung bình, kích thước cây tương đối lớn, cao 25 - 30 m, đường kính 20 - 30 cm.

- Quần xã mắm trắng *(A. alba)* - đước *(R. apiculata)* mọc trên nền đất bùn sét hơi nhão, ngập triều thấp hoặc trung bình ven kênh rạch, cây cao 15-20m, đường kính 20-30m.

- Quần xã cóc vàng *(Lumnitzera racemosa)* - dà vôi *(C. tagal)* thường mọc trên những vùng đất cao, ngập triều không thường

xuyên, nền đất tương đối chặt, phía sau các quần xã đước hoặc đước - vẹt khang, cây cao 6 - 8m, đường kính 15-25 cm.

- Quần xã đước *(R. apiculata)* - đưng *(R. mucronata)* gặp ở dọc sông Ông Định và một số nơi khác cùng với mắm trắng, vẹt tách cây cao 15 - 20 m.

- Quần xã giá *(E. agallocha)* trên nền đất cao gần biển, diện tích hẹp, mật độ cây thưa, cây thấp, tán rộng.

- Quần xã chà là *(Phoenix paludosa)* mọc trên nền đất sét hơi rắn, ít khi ngập triều cùng với một số loài khác như cóc vàng, dà quánh, ráng. Đây là loại rừng thứ sinh sau khi rừng nguyên bị chặt phá.

2. DIỄN THẾ RỪNG NGẬP MẶN

Sự thay đổi nhanh chóng các nhân tố môi trường ở vùng cửa sông, ven biển do hoạt động của thủy triều và lưu lượng sông khiến cho đất bồi hoặc bị xói lở nhanh chóng đã ảnh hưởng trực tiếp đến sự phân bố của các loài và có sự thay thế loài này bằng loài khác. Ở các quần xã thực vật nội địa, diễn thế xảy ra theo hai hướng tiến hóa và thoái hóa trong điều kiện môi trường khác nhau. Còn đối với các quần xã thực vật ngập mặn thì nhiều khi 2 quá trình lại nối tiếp xảy ra trên cùng một nơi.

Thông thường, một khi bãi triều được hình thành sẽ có các cây tiên phong cố định đất, giữ phù sa và trầm tích lại, đất bùn ngày càng chặt hơn, độ ngập triều dài, lượng nước ngọt được tăng cường đã tạo điều kiện cho các loài đến sau sinh trưởng thuận lợi hơn, nên số loài phong phú dần lên. Nhưng đến một mức phát triển nhất định lại nảy sinh sự cạnh tranh về thức ăn, ánh sáng nên những loài đến trước yếu hơn sẽ bị tiêu diệt dần để cho các loài đến sau ưu thế phát triển. Do đó mà ở các giai đoạn ổn định về sau các quần xã sẽ đơn giản hơn về thành phần loài và cấu trúc quần xã. Trong giai

đoạn cuối, khi đất không còn ngập triều, bùn khô, pyrit (Fe_2S) bị ôxy hóa thành đất axit sunphat thì diễn thế chuyển sang dạng thoái hóa do môi trường đã thay đổi không phù hợp với cây ngập mặn nữa.

Giai đoạn sau đó diễn ra hết sức phức tạp tuỳ thuộc vào mức độ can thiệp của con người và thiên nhiên. Ở các vùng đất thấp trũng, trong các giồng cát, về mùa mưa ngập nước ngọt, mùa khô thì thiếu nước thì quần xã tràm *(Melaleuca cajuputi)* hình thành như ở U Minh (Cà Mau, Kiên Giang). Ở một số nơi đất trũng thấp, ngấm nước mặn thì xuất hiện thảm cỏ chịu mặn, có nơi là rừng cây họ Dầu *(Dipterocarpaceae)* tùy theo vị trí địa hình, và bắt đầu chuyển sang một thảm thực vật khác không giống tính chất của rừng ngập mặn. Sau đây là một số kiểu diễn thế chủ yếu.

Diễn thế nguyên sinh: Quá trình này thường được phân làm 4 giai đoạn: ví dụ như *diễn thế của các quần xã cây ngập mặn* ở Mũi Chùa huyện Tiên Yên - Quảng Ninh (P.N. Hồng, 1970):

- *Giai đoạn tiên phong:* Mắm biển là loài tiên phong, quả bán thai sinh (nửa sinh con) của mắm được nước triều mang đến và cố định trên các bãi lầy mới hình thành ở xa biển, đất bùn cát lỏng, ngập triều trung bình thấp. Nhờ các đặc điểm thích nghi với độ ngập sâu, độ mặn cao và cường độ ánh sáng mạnh, hệ rễ hô hấp, rễ dinh dưỡng phát triển, lá có tuyến tiết muối thừa, mô dậu cũng phát triển... nên mắm sinh trưởng nhanh, giữ được mùn bã và cây con của các loài khác. Một số bãi gần bờ thì sú lại là loài tiên phong.

- *Giai đoạn hỗn hợp:* khi mắm đã phát triển thành quần thể thuần loại thì khả năng giữ mùn bã, phù sa càng nhiều, bãi lầy ngày càng được nâng lên, thời gian ngập triều rút ngắn, bùn chặt dần, tác động của sóng giảm, thuận lợi cho sự tái sinh của nhiều loài cây khác như đâng, trang, vẹt và dần dần chúng vượt tán của mắm.

Mắm không cạnh tranh nổi về ánh sáng và thức ăn nên dần dần chết, chỉ một ít cá thể vượt lên cao thì sống sót.

• *Giai đoạn vẹt dù chiếm ưu thế*: bãi lầy tiếp tục được nâng cao và chỉ ngập khi triều cao, thành phần đất thay đổi, có thêm nhiều cát, sỏi, đá cuội do nước lũ đổ từ sông ra. Sự sinh trưởng của các loài cây ngập mặn như đâng, trang chậm lại, trong khi đó vẹt dù phát triển mạnh, vượt tán các loài khác, trở thành loài ưu thế. Các loài khác bị đẩy lùi ra mép bãi phía biển.

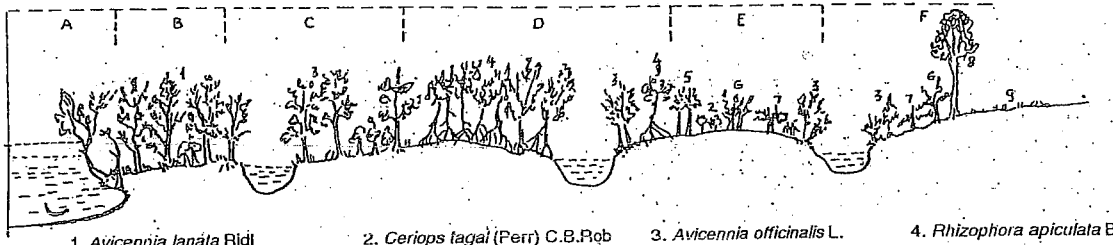
• *Giai đoạn cuối cùng*: bãi triều tiếp tục nâng lên và chỉ ngập một thời gian ngắn vào con nước cường trong tháng, đất bị thoái hóa (do pyrit bị ôxy hóa) không thích hợp với các loài ngập mặn. Một quần xã cây gỗ, cây bụi chịu mặn xâm chiếm đất. Các loài chính là xu, tra, giá, mớp sát, hếp, vạng hôi...Nơi đất có nhiều sỏi sạn, sa thạch phong hóa thì ráng phát triển cùng với các loài mọng nước khác. Tuy nhiên trong quá trình diễn thế, chỗ đất bồi tụ kém, vẫn chịu tác động của nước triều định kỳ hàng ngày thì quá trình diễn thế dừng lại ở giai đoạn quần xã hỗn hợp đâng - vẹt - trang và sú.

Diễn thế của các quần xã cây nước lợ vùng cửa sông Cửu Long: Các cửa sông Hàm Luông, cửa Tiểu, cửa Đại do nhận lượng nước ngọt nhiều, mùa mưa nồng độ muối thấp (4 - 5‰), mùa khô nồng độ muối cũng không cao lắm (15 - 25‰) thích hợp cho các quần xã nước lợ và một số loài có biên độ muối rộng. Có thể chọn diễn thế điển hình ở cửa sông Hàm Luông.

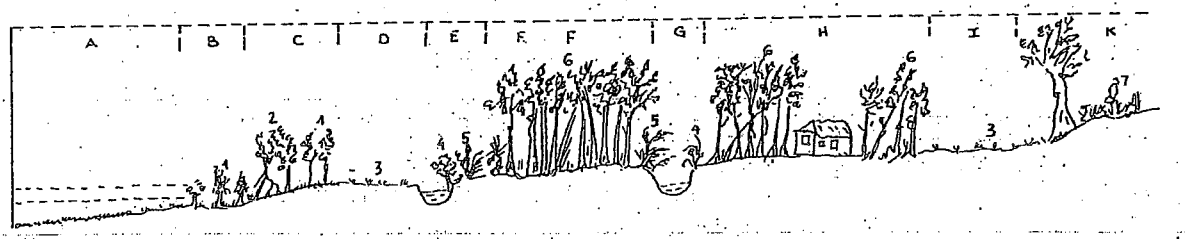
Diễn thế của các quần xã cây ngập mặn phía đông nam bán đảo Cà Mau: bán đảo Cà Mau có nhiều điều kiện thuận lợi cho sự sinh trưởng và phân bố của cây ngập mặn, nên thành phần phong phú và diễn thế phức tạp hơn nơi khác (hình 4).

Diễn thế của các quần xã cây ngập mặn phía tây bán đảo Cà Mau: do biên độ triều thấp, ít phù sa, trầm tích và địa hình ở phía trong bờ biển cao nên quá trình diễn thế đơn giản. Trước đây nhiều người nghĩ rằng giai đoạn cuối cùng của diễn thế rừng ngập mặn là

Hình 4. Diễn thế rừng ngập mặn ở bán đảo Cà Mau (1995)



1. *Avicennia lanata* Ridl
2. *Ceriops tagal* (Perr) C.B.Rob
3. *Avicennia officinalis* L.
4. *Rhizophora apiculata* BL
5. *Bruguiera parviflora* (Toxb) W
6. *Phoenic paludosa* Rob.
7. *Acrostichum aureum* L.
8. *Tamarindus indica* L.
9. *Rica cultivation*



1. *Avicennia alba* var.
2. *Rhizophora mucronata* Lamk
3. *Rica cultivation*
4. *Annona glabra*
5. *Nypa fruticans* Wurmb.
6. *Melaleuca leucadendron*
7. *Inland cultivation*

rừng tràm. Thực tế ở Việt Nam và một số nước khác cho thấy: loại diễn thế này chỉ xảy ra ở nơi có địa hình phía sau bờ biển cao, ứ đọng nước ngọt trong mùa mưa.

Diễn thế thứ sinh: Quá trình diễn thế thứ sinh diễn ra khá phức tạp tùy theo thành phần, cấu trúc của quần xã và mức độ tác động của con người ở những nơi bãi lầy còn ngập triều định kỳ, sau khi khai thác. Thực chất đây là quá trình tái sinh tự nhiên hoặc nhân tạo. Bốn yếu tố chính tác động đến quá trình tái sinh là (1) độ ngập triều, (2) tính chất của đất và thể nền, (3) nguồn giống do nước triều mang đến, và (4) tác nhân sinh học: sự phá hoại của cua, ốc, các loại động vật (lợn rừng, khỉ...), tảo bám và người kiếm củi, bắt cua... Có thể thấy rõ quá trình tái sinh và diễn thế điển hình tại các dải rừng bị chất độc hóa học hủy diệt trong chiến tranh (1965 - 1970) ở mũi Cà Mau (P.N. Hồng, 1983).

• *Quần xã mắm trắng tái sinh trên đất rừng đước hoặc mắm cũ, ngập triều trung bình:* gặp ở những nơi nằm kề xóm làng, thị trấn (Năm Căn). Nhờ nước triều đem hạt giống của mắm trắng từ các vùng lân cận đến bãi lầy đã giúp cho việc tái sinh thuận lợi. Mắm phát triển nhanh, sau 10 năm đã cao 8 - 10 mét. Dưới tán mắm là dà quánh mọc thành đám. Đước cũng đã bắt đầu xuất hiện. Nếu rừng không bị tàn phá thì sau 10 - 15 năm mắm sẽ bị đước thay thế.

• *Quần xã đước - vẹt tách tái sinh trên các bãi lầy nằm sâu trong kênh rạch, ngập triều trung bình:* Nhờ vị trí thuận lợi, vùng đất trống nằm giữa hai dải rừng đước già không bị hủy diệt nên nguồn giống rất sẵn, rừng đước tái sinh tự nhiên nhanh. Nhưng do còn nhiều xác cây, mỗi lần nước lên, thân cành cây chết đập vào thân cây con, nên đước phân bố không đều, mà thành từng đám, thỉnh thoảng có vài cây vẹt tách hoặc xu. Hiện nay đước đã khép tán và sẽ phát triển trong một thời gian dài 20 -30 năm vì địa hình

thấp. Chỉ khi đất nâng cao nhiều thì cóc vàng, quao nước và xu thay thế.

• *Quần xã chà là trên đất ít ngập triều*: Một số rừng đước, vẹt thành thục trước đây, sau khi bị hủy diệt, đất không còn ngập triều nên thoái hóa, hạt chà là do chim hoặc động vật phát tán vào mùa mưa, chúng tái sinh mạnh, có nhiều chồi nên nhanh chóng chiếm lĩnh bãi đất trống. Ở những vùng đất còn ngập triều mấm trắng, mấm biển hoặc dà vôi mọc rải rác.

Rừng hỗn hợp đước - mấm trắng trên đất ngập triều trung bình cao, sau khi khai thác rừng vẫn tiếp tục bị chặt lấy củi, thành phần tái sinh phức tạp: do xâm nhập của các loài dây leo chịu mặn cao của họ Thiên lý như dây cám *(Sarcolobus globosus)*, dây mủ *(Gymnanthera nitida)*, thiên lý dại *(Finlaysonia abovata)*, và các loài khác như cóc vàng, quao nước *(Dolichandrone spathea)*, mấm biển. Nhưng mấm lưỡi đồng vẫn là loài ưu thế. Nếu không bị tác động thì một thời gian sau thành phần sẽ giảm do mấm khép tán, các dây leo bị tiêu diệt.

Việc nghiên cứu quá trình diễn thế cũng như phân bố của các cây rừng ngập mặn có một giá trị rất lớn về mặt lý thuyết cũng như áp dụng trong thực tiễn. Kết quả khảo sát các quá trình diễn thế tự nhiên sẽ là cơ sở bước đầu cho việc chọn loài cây tái sinh thích hợp cho một vùng đất cụ thể. Những thí nghiệm mang cây ngập mặn phía Nam ra trồng ở miền Bắc và ngược lại hiện đang trong quá trình thử nghiệm. Mặc dù đã có một số thành công bước đầu trong việc đưa dừa nước, mấm và đước đôi ra miền Bắc và miền Trung để trồng nhưng chỉ được một thời gian ngắn sinh trưởng khá tốt. Sau 1-2 mùa đông ở phía Bắc thì cây bị lụi dần. Việc đầu tư cho các nghiên cứu này thành công sẽ có một ý nghĩa rất lớn cả về kinh tế và cơ sở lý thuyết.

3. PHÂN VÙNG RỪNG NGẬP MẶN

Nhiều công trình nghiên cứu đã tập trung giải thích một câu hỏi mà thực tế đặt ra là tại sao các cây ngập mặn thường tập trung khá nhiều ở những vùng nhất định. Cho đến nay có nhiều giả thuyết khác nhau để lý giải bằng các quá trình diễn thế, phân vùng và tương quan cấu trúc. Như ta đã biết, tất cả các mối tác động qua lại đã thảo luận trong các phần trước đều nằm trong một loạt các tác nhân hóa lý và các quần xã cây ngập mặn dẫn đến sự khác nhau về mặt cấu trúc và chức năng. Các thuộc tính khác nhau này có thể được sử dụng để phân loại các quần xã cây ngập mặn.

Tuy nhiên, ở một số nơi cây ngập mặn được phân vùng như là kết quả về một thí nghiệm của thiên nhiên góp phần giải thích các vấn đề về sinh thái học. Đặc biệt đối với những vùng ven biển có gradien độ dốc như nhau thì kiểu phân vùng có thể được lý giải và được sử dụng để nghiên cứu mối tác động qua lại giữa môi trường và các loài thực vật.

Dưới đây là hai loại phân vùng: Loại phân vùng song song với đường bờ và loại phân vùng dọc theo sông. Cả hai loại này gặp nhau ở những vùng châu thổ, bãi lầy cửa sông rất khó phân biệt trong kỹ thuật phân vùng. Chúng ta đi sâu phân tích riêng rẽ hai loại phân vùng sau đó sẽ phân tích tổng hợp hai loại.

3.1. Phân vùng song song với đường bờ

Có khá nhiều tài liệu đề cập đến sự phân vùng của từng loài cây ngập mặn song song với đường bờ, nói chung đều nhất trí với mô hình phân vùng kế tiếp nhau của Macnae (1966). Tuy nhiên, giải thích nguyên nhân tại sao lại có sự phân vùng khá rõ như vậy. Snedaker (1982) cho rằng có các nguyên nhân sau đây: diễn thế thực vật, địa mạo, sinh thái sinh lý, động thái quần thể.

Xét theo quan điểm sự phân vùng là biểu hiện không gian của diễn thế thực vật thì các quần xã cây ngập mặn được phân vùng theo trình tự từ biển vào đất liền. Chẳng hạn như trường hợp của *Avicennia* cố định trên những vùng đất mới , tích tụ trầm tích nhờ hệ thống rễ thở rồi ra hoa, kết trái lại rụng xuống chiếm lĩnh các vùng đất mới. Sau đó đất được nâng cao lên, các loài khác xuất hiện thay thế như *Rhizophora, Bruguiera*... cho đến khi đất không ngập nước triều nữa. Đến thời kỳ này thì các loài cây không chịu mặn xuất hiện và thay thế (hoàn tất) cây ngập mặn.

Quan điểm sử dụng diễn thế thực vật làm cơ sở giải thích sự phân vùng là lô gíc. Tuy nhiên, khi nghiên cứu sâu hơn quá trình diễn thế trong hệ sinh thái sẽ thấy rõ là sự phân vùng không còn phù hợp với đặc tính chung của diễn thế (Snedaker, 1982). Do khả năng của cây ngập mặn có thể tích tụ trầm tích, nên sự phân vùng cây ngập mặn lại được hiểu như sự thích ứng với những thay đổi địa mạo. Snedaker (1982) đã nêu ra những bằng chứng về tác động điều khiển của địa mạo lên các kiểu thực vật, sự phối hợp các loài, đặc biệt là kiểu dạng đất và thực vật. Thom (1975) điều tra thực vật ở Mêhicô và Úc chứng minh được mối liên quan giữa phân bố, tổ chức không gian, quần hợp loài đối với lịch sử xói lở và bồi tụ, độ chắc của đất, nguồn nước ngọt và mực nước biển.

Như trên đã trình bày, sự phân vùng và phát triển của thực vật ngập mặn gắn liền với quá trình địa mạo của một vùng đặc biệt là điều kiện đất đai do quá trình địa mạo tạo ra. Do đó, càng có nhiều những nghiên cứu sinh lý sinh thái về mối quan hệ cây ngập mặn và đất thì càng có nhiều thông tin lý giải các quá trình tăng trưởng, phát triển và phân vùng cây ngập mặn. Nhiều tác giả cho rằng phân vùng là một sự thích ứng sinh lý đối với gradien độ mặn được duy trì theo nước triều. Mối tác động qua lại giữa độ mặn, thủy văn và phân vùng rừng ngập mặn cũng được xem xét. Tuy nhiên, Snedaker

(1982) cho rằng mặc dù có mối tương quan thuận giữa độ mặn, độ ngập triều và phân vùng rừng ngập mặn thì sự thích ứng sinh lý của cây ngập mặn đối với những nhân tố này vẫn còn ít được biết đến đối với hầu hết các loài, vậy thì còn quá sớm khi đi đến kết luận các mối tương quan trên giải thích được các nguyên nhân phân vùng.

Liên quan đến vấn đề này, nhiều tác giả đã làm thí nghiệm trên thực địa về khả năng chịu mặn trong đất, độ ngập nước đối với nhiều loài khác nhau. Cơ sở trao đổi chất, tỉ lệ thoát hơi nước, cường độ hô hấp của việc thích ứng của các loài và quần xã đối với độ mặn cũng được nghiên cứu, kể cả việc nghiên cứu quang hợp tối ưu ở các độ mặn khác nhau đối với mỗi loài cây ngập mặn. Trên cơ sở này, nếu có một gradien độ mặn thì sẽ tạo nên kết quả một chuỗi các loài kế tiếp nhau. Như vậy, mặc dù mối quan hệ giữa độ mặn đất, trao đổi chất cây ngập mặn và phân vùng đã được mô tả thì sự thay đổi độ mặn đất trở thành một khái niệm rất khó áp dụng trong điều kiện ở một địa điểm cụ thể.

Gần đây, có quan điểm cho rằng phân vùng là hậu quả của sự phát tán và sống sót của cây con. Trong một loạt các thí nghiệm trên thực địa ở Panama, Rabinowitz (1975) cho rằng (1) các loài cây ngập mặn ưu thế ở vùng nước triều thấp có số lượng cây con lớn trong khi những loài ưu thế ở những vùng đất cao hơn có số lượng cây con ít cần một thời gian nhất định cho phát tán và cố định cây, (2) tỉ lệ chết của trụ mầm tương quan nghịch với trọng lượng của chúng và (3) cây con tăng trưởng kém khi ở dưới tán các cây lớn hơn. Dựa trên kết quả này, tác giả đi đến kết luận rằng phân vùng dường như là kết quả của thủy triều, khả năng phát tán, kích thước trụ mầm và tần số ngập triều của từng vùng. Sau khi đã cố định được vào bùn thì mối quan hệ cạnh tranh giữa cây con và cây lớn quyết định tỉ lệ sống sau đó.

Những nghiên cứu ở Thái Bình, cũng cho thấy số lượng cây con của *Kandelia candel* được phát tán ở hầu hết các vùng triều và tỉ lệ chết cao nhất là ở năm đầu tiên. Độ sống sót của cây con được đảm bảo khi chúng gần các cây mẹ (trong vòng 2 m) (Saenger 1982). Từ đó, Snedaker (1982) kết luận rằng quá trình địa mạo và thích ứng sinh lý môi trường là những nhân tố quan trọng nhất để hiểu quá trình phân vùng và diễn thế thực vật ở vùng triều, đồng thời cũng có diễn ra ưu thế cạnh tranh ở những vùng thích hợp đối với mỗi loài.

3.2. Phân vùng dọc theo sông (hướng lên thượng lưu)

Bên cạnh hiện tượng phân vùng song song với đường bờ, còn có sự phân vùng dọc theo sông lên phía thượng nguồn được Myer mô tả từ năm 1935 khi nghiên cứu thực vật ven sông ở Nam Mỹ. Đó là một chuỗi kế tiếp các quần xã thực vật ven bờ chạy dọc theo sông lên phía thượng nguồn. Các quần xã này không chỉ được xác định bởi các nhân tố thổ nhưỡng của khu vực và dòng chảy đi qua mà còn phụ thuộc vào bề rộng của bãi và khoảng cách tính từ biển.

Ở miền Trung, nước ta, cây ngập mặn còn sót lại phân bố dọc theo kênh nhà Lê cũ là một minh chứng hết sức thú vị. Người ta cho rằng các chuỗi quần xã cây ngập mặn ở các cửa sông đều tương tự nhau mặc dù có sự khác nhau về địa lý, địa mạo. Chẳng hạn như, cả hai loài *Sonneratia caseolaris* và *Excoecaria agallocha* đều phân bố rộng ở phía trên, trong khi *Avicennia marina* và *Lumnitzera racemosa* phân bố nhiều ở vùng dưới. Mặt khác, *Aegiceras corniculatum* và *Xylocarpus astralasicus* có kiểu phân bố ở phía trên rất khác nhau ở một số hệ thống sông. Khi nghiên cứu mối quan hệ giữa sự phân bố dọc theo sông với gradien độ mặn và khoảng cách, Bunt (1982) cho rằng *Avicennia marina*, *Rhizophora stylosa*, *R. apiculata*, *Sonneratia alba* và *Ceriops tagal* phân bố chủ yếu ở phía dưới độ mặn cao, trong khi *Heritia littoralis*,

Excoecaria agallocha, *Aegiceras corniculatum*, và *Acrostichum sp.*, phân bố chủ yếu ở phía trên nơi có độ mặn thấp.

Trong nghiên cứu phân vùng thì tương quan với khoảng cách từ cửa sông thường có lý hơn so với với độ mặn. Chẳng hạn như ở sông Lockhart (Úc) trên thực tế không có gradien độ mặn mà vẫn có phân vùng. Bunt (1982) kết luận rằng một số cây ngập mặn thích ứng về mặt khoảng cách hơn là với độ mặn, và khoảng cách ở đây không chỉ đơn giản là do độ mặn. Mayer (1935) đã phân ra 3 nhân tố tác động đến phân vùng theo lưu sông, bao gồm (1) chiều rộng của sông, liên quan tới chế độ chiếu sáng, (2) tính chất của nước, phụ thuộc vào lưu vực và (3) khoảng cách tính từ bờ biển, liên quan tới độ mặn. Hai nhân tố phụ liên quan tới khoảng cách càng lên phía trên là độ mặn giảm và độ đục tăng. Các thí nghiệm trên lá đước đỏ *(Rhizophora mangle)* cho thấy độ dày lá phụ thuộc vào dao động độ mặn hơn là mức độ tuyệt đối của độ mặn. Ngoài ra, đặc tính địa mạo ven bờ (xói lở hoặc bồi tụ) cũng là một nhân tố quan trọng chi phối sự phân bố các loài.

3.3. Phối hợp hai loại phân vùng

Một công trình nghiên cứu của Mayer (1935) theo dõi 9 năm ở 4 trạm thực địa vùng Gladstone về gradien độ mặn và độ ngập nước đã xây dựng được 4 gradien vùng triều, mỗi loại liên quan tới mực nước triều theo cách riêng tùy thuộc vào đặc điểm của từng khu vực. Hai yếu tố là gradien triều và địa hình được phối hợp nhằm mô tả giới hạn trên và dưới của các quần xã và để so sánh các khu vực với nhau.

Thông thường người ta có thể thấy rõ giới hạn của các quần xã liên quan với các mực nước triều khác nhau. Càng lên dần phía trên thì tác động của nước triều càng giảm, có nghĩa là vùng triều trở nên hẹp hơn, các loài thực vật thích nghi với độ mặn thấp và trung bình *(Aegiceras, Heritiera, Hibiscus, Cynometra, X. granatum*, và

Acrostichum) tăng lên, đôi khi thay thế hoàn toàn cây chịu mặn cao. Có thể kết luận rằng gradien độ mặn và độ ngập là những nhân tố tương tác qua lại trong việc phân vùng các quần xã rừng ngập mặn ven biển và dọc sông.

4. PHÂN LOẠI CÁC QUẦN XÃ RỪNG NGẬP MẶN

Bất cứ thuộc tính nào của rừng ngập mặn (hóa lý, chức năng, cấu trúc) cũng có thể sử dụng để phân loại các quần xã, khi chọn thuộc tính nào là tùy thuộc vào mục đích của việc phân loại. Tuy nhiên, để tiện cho việc so sánh trên phạm vi toàn cầu phần lớn các tác giả đã thực hiện những cách sau đây:

4.1. Phân loại theo thuộc tính cấu trúc

Specht (1970) đưa ra cách phân loại dựa trên thuộc tính cấu trúc được phản ánh bằng tổng các mô quang hợp (năng lượng đầu vào) và sinh khối của hô hấp các mô thực vật trên mặt đất (liên quan đến năng lượng đầu ra). Những đặc tính được sử dụng là (1) chiều cao và dạng sống cao nhất của tầng tán lá cao nhất (mà nó cung cấp sinh khối) và (2) diện tích tầng tán cao nhất (FPC). Trước hết, cần xác định cấu trúc tán theo chiều thẳng đứng trên một số lượng lớn các điểm được chọn ngẫu nhiên trong quần xã. Chỉ tiêu này là đặc tính cấu thành cấu trúc sẽ được chọn để phân loại các cấu trúc quần hợp. Các quần hợp này được xác định và mang tên chi hoặc loài ưu thế (chẳng hạn như *Avicennia*). Thông thường, những quần hợp tán mở nằm ở vùng có độ mặn cao, chỉ ngập khi triều cao, lượng mưa thấp.

Các quần xã được xem là thích nghi tối ưu khi nó phản ánh đầy đủ cân bằng nước, độ màu mỡ của đất, nhiệt độ và ánh sáng. Về mặt địa sinh học sinh thái của các quần xã thực vật ngập mặn, việc phân loại này là rất hữu ích. Các thông số được chọn (FPC và chiều

cao) liên quan với tăng trưởng của quần xã, từ đó cho phép lý giải về mặt chức năng những thay đổi cấu trúc, cũng như những thay đổi về mặt môi trường.

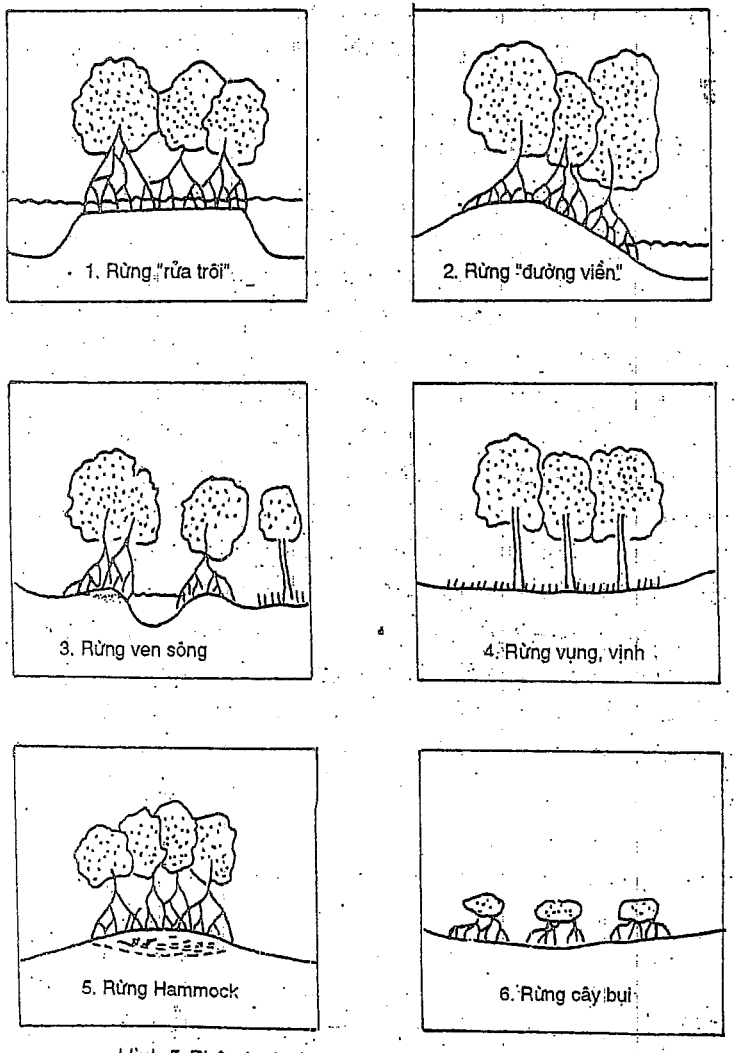
4.2. Phân loại theo thuộc tính cấu trúc và diện mạo

Lugo và Snedaker (1974) cho rằng do các quần xã rừng ngập mặn có một loạt các diện mạo khác nhau, có thể dựa vào các quá trình thủy văn và địa mạo hình thành nên các dạng này để làm cơ sở phân loại một hệ thống thích hợp. Dựa trên những nghiên cứu ở Florida (Mỹ), các tác giả đã phân ra 6 loại quần xã chính dựa trên diện mạo của chúng. Hệ số tương quan giữa diện mạo và cấu trúc khá cao. Mỗi loại đều có đặc tính riêng thể hiện những thông số môi trường như loại đất và độ sâu, độ mặn đất và tỉ lệ ngập triều, cũng như những đặc tính về năng suất sơ cấp, phân hủy lượng rơi, xuất khẩu các bon theo tỉ lệ chu trình dinh dưỡng và thành phần quần xã (hình 5). Các loại quần xã đó là:

i) Rừng ngập mặn "rửa trôi" : Phát triển trên các đảo thấp nhỏ, vịnh nông, cửa sông. Khi triều cường, chúng thường bị nước triều trùm lên và cuốn đi nhiều xác hữu cơ nên có tên gọi là "rửa trôi". Thường *Rhizophora mangle* chiếm ưu thế, cây cao nhất khoảng 7 mét.

ii) Rừng ngập mặn "đường viền": Dạng rừng này hình thành các đường viền mỏng dọc theo các đảo và dọc vùng ven biển được che chắn phía ngoài. Loại quần xã này thường thể hiện sự phân vùng khá rõ. Tốc độ nước triều lên và rút đi khá chậm. Các hệ thống rễ chống giữ lại tất cả các loại trầm tích, trừ những xác vụn hữu cơ nhỏ. Thường bị tác động mạnh của gió, các xác lá, cành được tích lũy xung quanh các rễ chống.

iii) Rừng ngập mặn ven sông: Loại rừng này phát triển dọc theo các sông, kênh rạch. Thông thường, rừng được ngập nước triều



Hình 5: Phân loại các môi trường rừng ngập mặn dựa trên những đặc tính diện mạo học

Nguồn: Lugo và Snedaker 1974

hàng ngày, thường nằm phía sau loại rừng "đường viền". Trong suốt mùa mưa, mực nước nâng cao, độ mặn giảm do nước thượng nguồn đổ xuống, tốc độ dòng chảy giảm, sự vận chuyển xác hữu cơ thực vật cũng giảm.

iv) Rừng ngập mặn vụng, vịnh: Các vụng, vịnh này được thông ra biển và chịu ảnh hưởng của nước triều, mặc dù ít hơn nhưng rừng ngập mặn phát triển và nằm khá sâu trong đất liền với các loài cây ưu thế như *R. mangle, A. germinans, Laguncularia racemosa*, cây có thể cao tới 15 m.

v) Rừng ngập mặn Hummock: Tương tự như loại rừng ngập mặn vụng, vịnh, nhưng đất ở đây cao hơn một chút so với các vùng xung quanh, đất thường có than bùn.

vi) Rừng ngập mặn cây bụi: Loại quần xã này gồm phần lớn là cây bụi cao không quá 1,5 m. Đất có hàm lượng dinh dưỡng thấp. Người ta thấy rất nhiều loài cây có mặt trong quần xã này.

Thực chất, hệ thống phân loại này dựa trên các quần xã rừng ngập mặn ở Florida (Mỹ). Lugo và Snedaker (1974) cho rằng nó cũng tương tự như ở Mexico, Puerto-Rico, Costa Rica, Panama và Ecuador. Sự phân loại này củng cố cho quan điểm nhấn mạnh diện mạo học mà tác động chính là của các nhân tố: thủy văn bề mặt, động thái thủy triều tác động tới sự phân bố các loài cũng như về đơn vị cấu trúc. Đối với một số nước mà cây ngập mặn có số lượng lớn thì việc phân loại theo các tiêu chuẩn trên vẫn chưa được áp dụng.

4.3. Phân loại theo địa mạo

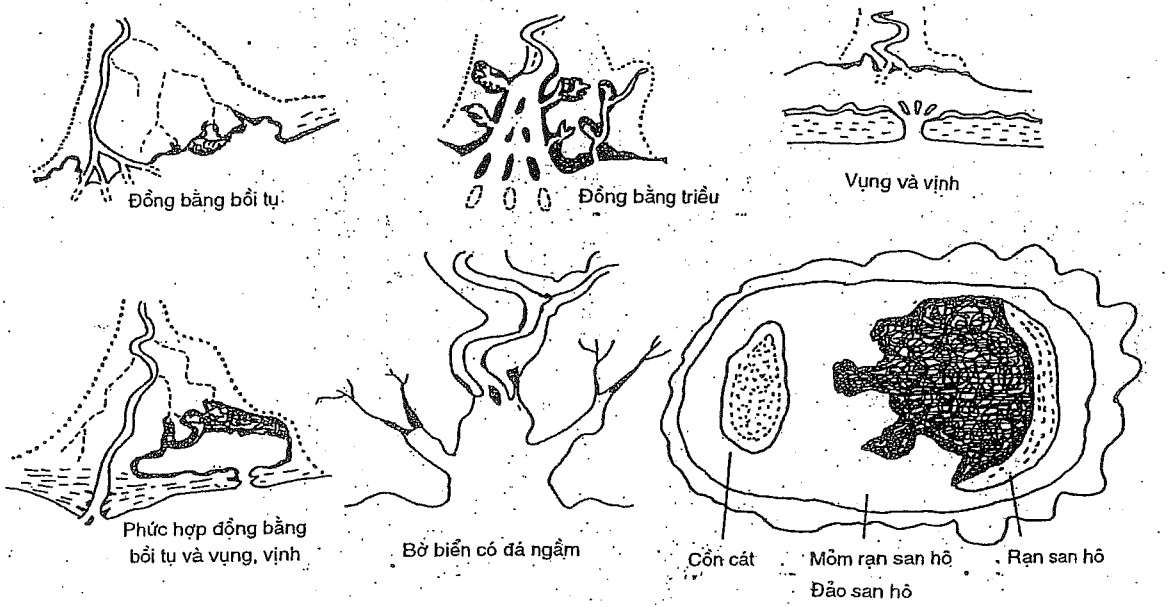
Khi so sánh 34 hệ thống cửa sông chính về mặt hóa lý như: năng lượng sóng, phù sa, hình thái cửa sông và dạng đất đồng bằng châu thổ, Wright (1974) phân ra một số loại châu thổ, mỗi loại phản ánh sự kết hợp riêng biệt các quá trình hóa lý khác nhau.

Thom (1982) đã sử dụng sự phân loại này làm cơ sở để phân loại các loại hình ven biển có rừng ngập mặn, và đã phân ra 5 loại vùng ven biển trầm tích. Sau đó, người ta đã bổ sung thêm loại thứ 6 cho các vùng ven biển san hô, nơi mà trầm tích được tích lũy tại chỗ từ các rạn san hô chết.

Một số tác giả đã sử dụng hệ thống phân loại này để giải đoán ảnh máy bay về các vùng rừng ngập mặn trên toàn vùng ven biển nước Úc, phân ra 26 kiểu khu vực thuộc 6 lớp phân loại. Sau đây là các lớp phân loại (hình 6).

Đồng bằng bồi tụ: Đó là các vùng ven biển đặc trưng bằng biên độ triều thấp, nhận nước ngọt và phù sa từ thượng nguồn đưa xuống làm cho tốc độ bồi tụ nhanh bao gồm các hạt cát, bùn và sét hình thành nên châu thổ. Các châu thổ này được bồi tụ, thấp dần và tiến ra biển nhờ trầm tích kết tụ, bờ biển càng rộng ra và năng lượng sóng giảm. Chính các châu thổ bồi tụ này được kéo dài ra ở mỗi nhánh và tạo nên các vụng, vịnh ở các vùng xung quanh. Thường ở các vùng này do ảnh hưởng nhiều của lượng nước ngọt từ trên thượng nguồn xuống nên nước mặn chỉ xâm nhập theo mùa. Bản thân các vùng châu thổ cũng tạo nên nhiều môi trường khác nhau, và cũng luôn biến đổi do ảnh hưởng của các yếu tố lý hóa. Sự phát triển và phân bố của các cây ngập mặn cũng hết sức đa dạng. Rừng ngập mặn ở các vùng cửa sông đồng bằng sông Cửu Long là một ví dụ điển hình.

Đồng bằng triều: Đó là các vùng ven biển đặc trưng bằng biên độ triều cao và kết hợp với dòng triều mạnh chảy theo hai hướng chiếm ưu thế. Các dòng triều này tác động tới sự phân bố trầm tích từ các sông mang ra, chúng hình thành nên các dải cát dài (cồn cát) vùng cửa sông như cửa sông Hồng. Năng lượng sóng thường thấp, có các dòng chảy ngầm và các kênh rạch có nhiều nhánh phân cách các bãi triều.



Hình 6. Phân loại các môi trường rừng ngập mặn dựa trên các đặc tính địa mạo

Nguồn. Thom, 1982.

Các vụng, vịnh: Nước triều trong các hệ thống này thường bị biến dạng về dòng chảy, năng lượng sóng, nguồn nước ngọt ít. Trong các vùng này rừng ngập mặn chỉ phát triển ở những nơi có trầm tích lắng đọng như ở Lăng Cô (Huế). Một số loài thực vật chịu mặn phát triển ven các vụng, vịnh tạo nên sự đa dạng về môi trường.

Các đầm, phá có trầm tích bồi tụ: Đây là sự kết hợp cả lượng bồi tụ cao và năng lượng sóng cũng cao. Các đợt sóng dọc ven bờ phân phối lại lượng cát phù sa được sông mang ra hình thành nên các doi cát. Thực tế là cát đã bồi tụ nên loại bãi bồi ven bờ , các bãi biển cát và quá trình bồi tụ hướng về phía đất liền. Thảm thực vật ngập mặn ở những vùng này rất hạn chế cả về số lượng loài và kích thước.

Bờ biển dốc nền đá: Đây là loại khá đặc biệt thường có nguồn gốc từ thung lũng của một hệ thống sông, sau đó do hiện tượng nước biển dâng mà toàn bộ khu vực bị ngập nước biển, bùn và cát cũng di chuyển tới, tạo nên môi trường thuận lợi cho một số loài cây ngập mặn phát triển.

Bờ biển san hô: Trầm tích do các rạn san hô tạo ra cũng như ven bờ các đảo san hô có sự tích lũy một lượng bùn cát tạo điều kiện thuận lợi cho một số loài cây ngập mặn có thể phát triển được.

Chương 3

SỰ THÍCH NGHI CỦA CÂY NGẬP MẶN

Có thể nói môi trường rừng ngập mặn luôn biến động do sự tác động của các nhân tố lý hóa. Mặc dù có sự biến động như vậy thực vật rừng ngập mặn vẫn chiếm lĩnh thành công môi trường này nhờ sự thích nghi đa dạng về mặt hình thái, sinh lý, và sinh sản. Những đặc tính thích nghi này có thể dễ dàng nhận thấy qua sự so sánh với các cây cùng loài, cùng chi hoặc cùng họ sống trong những môi trường khác. Việc nghiên cứu hiệu quả của những hình thức thích nghi này đã và đang cuốn hút rất nhiều sự quan tâm của các nhà khoa học.

1. THÍCH NGHI VỚI MÔI TRƯỜNG NƯỚC BIỂN MẶN

Độ mặn là nhân tố quan trọng nhất trong môi trường rừng ngập mặn và hầu hết các cây ngập mặn đều hấp thụ một lượng ion Cl và Na. Nước biển chứa tới 35 gam muối tan trong 1 lít, tạo ra tiềm năng áp suất thẩm thấu xấp xỉ - 2,5 MPa (Mega Pascal). Tuy nhiên, nước trong đất thì độ mặn có thể cao hơn. Trên thực tế cây ngập mặn có thể phát triển trên thể nền có độ mặn cao, thậm chí còn phát triển tốt hơn khi cho thêm một ít muối. Điều này cho thấy chúng có khả năng điều khiển việc hút muối và duy trì việc cân bằng nước để thực hiện các hoạt động sinh lý ở mức có thể chấp nhận được.

Về mặt nguyên lý người ta có thể dễ dàng hiểu được các quá trình thích nghi này, nhưng việc tìm ra các minh chứng chi tiết thì

còn thiếu rất nhiều. Jennings (1968) đã tóm tắt 3 cơ chế chính sau đây: Các cây ngập mặn có thể hút nước mặn vào cơ thể rồi thải ra (cơ chế tiết muối), chúng chỉ hút nước mà không cho muối vào (cơ chế cản muối), và chúng hút muối vào cơ thể rồi tích lũy lại trong các mô già (cơ chế tích muối). Scholander và cộng sự (1962) đã phân loại các cây ngập mặn theo chức năng trên và được gọi là "cây tiết muối" và "cây cản muối". Mặc dù có rất nhiều cơ chế nhưng chúng không loại trừ lẫn nhau, loài thì nhấn mạnh cơ chế này, loài khác thì nhấn mạnh cơ chế khác (Saenger 1982)

1.1. Tiết muối

Sự tiết muối được thực hiện bằng các tuyến tiết muối trên lá của các cây trong các chi Avicennia, Sonneratia, Aegiceras, Aegialitis, Acanthus và Laguncularia và cũng có thể tiết qua "mụn cóc" hóa bần trong trường hợp lá *Rhizophora* (Saenger 1982). Nồng độ muối trong các mô của cây tăng tỷ lệ với nồng độ muối của môi trường. Các loài cây tiết muối có nồng độ muối trong lá đạt tới mức tương đương nồng độ của nước biển. Khi nồng độ muối trong không bào quá cao, muối được đưa dần ra tế bào thu góp của tuyến tiết muối và tiết ra ngoài. Độ mặn của môi trường không làm tăng số lượng tuyến tiết muối, tuy nhiên các thí nghiệm cho thấy: độ mặn môi trường càng cao, nồng độ muối trong mô lá càng đậm đặc, tuyến tiết muối hoạt động càng mạnh để tiết muối ra ngoài.

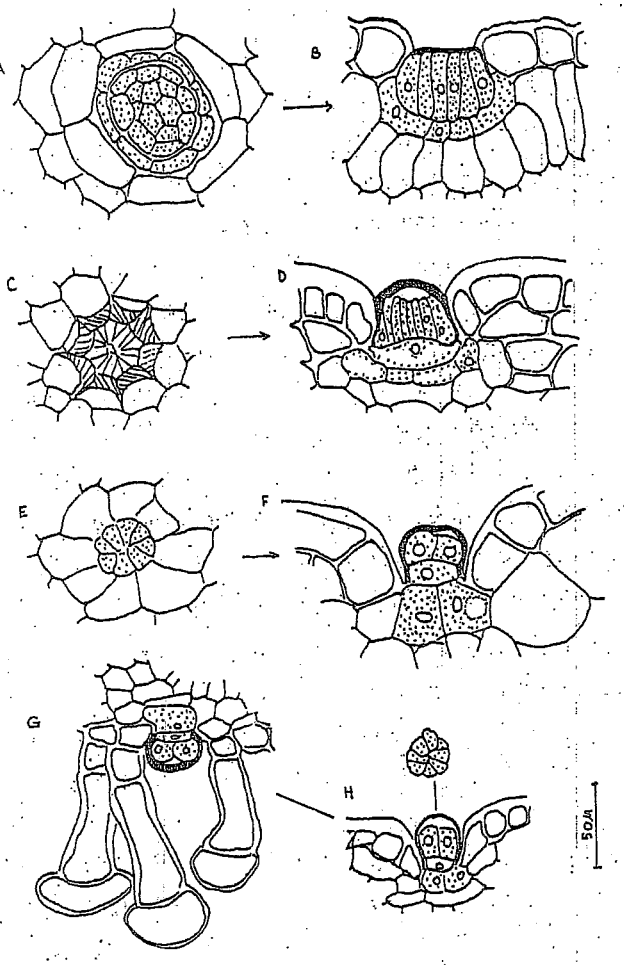
Lượng muối tiết từ lá ra ngoài tùy thuộc nồng độ muối có trong lá, tuy nhiên còn tùy thuộc vào nhịp điệu trong ngày. Cũng giống như thành phần muối tích lũy trong tế bào, thành phần muối tiết ra chủ yếu là NaCl. Khả năng tiết muối của nhiều loài cây như cây mắm biển *(Avicennia marina)* là rất hiệu quả làm giảm lượng muối thừa trong cây. Muối thường tiết nhiều vào giữa đêm và trước khi mặt trời lặn và ít nhất vào giữa trưa (M.S. Tuấn 1994).

Các nghiên cứu vi cấu trúc của các tuyến muối *Aegiceras* cho thấy chúng gồm 24-40 tế bào tiết nằm phía trên một tế bào đáy, to, nằm ở dưới. Các tế bào tiết này nằm xen dày với vi thể và các cơ quan tử khác có chức năng hoạt động trao đổi chất. Các chất nguyên sinh trong tế bào đáy và các tế bào tiết được nối với nhau bằng 5 sợi cytoplasma (plasmodesmata) xuyên qua các vách tế bào. Mặt khác mối liên hệ giữa tế bào đáy và các tế bào bên làm thành một lớp nằm trên mô dậu, từng phần có ngấm cu-tin và có khe nhỏ nằm giữa cu-tin của tuyến và phần cu-tin còn lại của lá. Chính quá trình tiết muối xảy ra ở đây. Các tế bào thịt lá có 2 loại không bào: một loại chứa số lượng lớn dịch hữu cơ rất ít hoặc không có Clo, trong khi loại kia không có dịch hữu cơ nhưng lại rất giàu Clo. Khi đo ion Na^+, K^+ và Cl^- bằng phương pháp phóng xạ cho thấy tất cả các ion này đều được vận chuyển một cách tích cực ra khỏi phần thịt lá bằng các tế bào tuyến tiết (hình 7).

Tuyến tiết muối của ô rô *(Acanthus)* cũng có vi cấu trúc tương tự, các không bào chứa các tinh thể nhỏ gần biểu bì, đôi khi hình thành các túi nhỏ tròn, đen. Dường như 2 không bào này giống với 2 loại không bào có ở sú *(Aegiceras)*.

Người ta đã phát hiện chất glycinebetaine là một dung dịch hữu cơ cần thiết cho sự cân bằng thế năng thẩm thấu tổng số của lá có trong lá mắm biển *(Avicennia marina)*. Các hợp chất tương tự cũng được tìm thấy ở các loài cây ngập mặn khác có tuyến tiết muối. Cholin-o-sulphate là một hợp chất "bù thẩm thấu" hữu cơ có trong *Avicennia* và *Aegiceras* và chất này được tích lũy một số lượng lớn trong *Acanthus* và *Aegiceras*. (Benson và Atkinson 1967). Khi sử dụng phóng xạ C^{136} cho thấy các ion Cl^- đi thẳng từ gân lá qua phần thịt lá tới các tuyến tiết muối. Tuy nhiên, cơ chế "bơm" muối ra kiểu này vẫn còn chưa được nghiên cứu sâu.

trang hình 7A



Hình 7. Tuyến tiết muối của một số loài cây ngập mặn

A,B) *Aegialitis annulata*
C,D) *Aegiceras corniculatum*
E,F) *Acanthus ilicifolius*
G,H) *Avicennia marina*

Nguồn: Tomlinson, 1971

Macnae (1968) cho rằng ở chi mắm (Avicennia) tuyến muối chỉ được hình thành trong môi trường mặn, trong khi ở chi sú (Aegiceras) tuyến này được hình hành ngay cả trong môi trường không có muối, nhưng ở ô rô *(Acanthus)* chúng lại hoàn toàn biến mất khi trồng trong nước ngọt. Joshi (1975) kết luận rằng trong số các loài tiết muối thì *Avicennia* là hiệu quả nhất do đó nó có thể thích nghi với môi trường độ mặn cao trong khi *Acanthus* và *Aegiceras* bị hạn chế trong những môi trường ít mặn hơn. P.N. Hồng (1966) cho rằng *Acanthus ilicifolius* mọc trên những vùng đất hoàn toàn nước ngọt nhiều năm vẫn có tuyến tiết muối.

Người ta cho rằng sự thay đổi hàm lượng các ion Cl^-, Na^+, K^+ và Ca^{++} trong trụ mầm đước *(Rhizophora)* có liên quan về mặt giải phẫu. Chúng có một vách ngăn giữa thể lá mầm và các mô xung quanh bao gồm các tế bào nhỏ hình cầu làm tăng hoạt tính men phosphatase thường có ở các mô tiết. Nhờ hoạt động của các mô có khả năng tiết này đã góp phần làm giảm sự hút mặn ở trụ mầm. Cấu trúc các mô tương tự cũng đã được tìm thấy ở các loài *Rhizophoza stylosa* và *Ceriops tagal*. Một số tác giả đã tìm thấy các không bào có hoạt tính trao đổi chất cao nằm phía ngoài các lá mầm của trụ mầm *Avicennia marina*, các tế bào này cũng thực hiện các chức năng điều hòa tương tự.

1.2. Cản muối

Thực vật cản muối có một cơ chế rất hiệu quả đó là hệ thống vi lọc ở rễ qua đó nước thì được hút vào mà muối thì bị cản lại (Scholender 1968). Các loài có khả năng cản muối thuộc các chi: Rhizophora, Ceriops, Osbornia, Bruguiera, Excoecaria, Avicennia, Sonneratia, Aegiceras, Aegialitis, Acanthus và Acrostichum. Khi đo thế năng thẩm thấu của nhựa nguyên ở các loài không có tuyến tiết muối thì chỉ đạt chưa tới - 0,2 MPa có nghĩa là hàm lượng muối tan trong nhựa nguyên tương tự như đối với nhiều loài thực vật không

sống trong môi trường mặn. Thế năng thẩm thấu của nhựa nguyên ở các loài tiết muối đạt khoảng - 0,4 tới - 0,7 MPa điều này cho thấy hiệu quả cản muối thấp hơn so với các loài không có tuyến tiết muối. Tuy nhiên, một số tác giả khác lại cho rằng thế năng thẩm thấu của *Avicennia marina* khi tăng trưởng trung bình dao động từ - 1,6, độ mặn bằng 0, và - 3,6 PMa khi mọc trong nước biển. Như vậy, các loài tiết muối vẫn có khả năng cản 80 - 90% muối trong nước biển (Scholender 1968) nhưng cơ sở sinh hóa và vật lý vẫn còn chưa rõ ràng. Tác giả cũng cho rằng quá trình này chỉ đơn giản là một chức năng bị động về khả năng thấm khác nhau của màng tế bào rễ, hàm lượng muối trong nhựa nguyên không thay đổi theo ngày đêm và dòng muối đi vào rễ quan hệ chặt chẽ với việc hút nước.

1.3. Tích muối

Giống như những cây chịu mặn khác (halophytes), các loài cây ngập mặn chứa một lượng muối cao trong các mô cơ thể. Khi độ mặn môi trường tăng cao, thành phần ion trong mô chủ yếu là Na^+ và Cl^-, ngoài ra cũng có các ion khác như K^+, Mg^{++}, Ca^{++},.... Với nhiều loài cây có khả năng hút và tiết muối, nồng độ muối trong cây tăng tỷ lệ thuận với độ mặn của môi trường ngoài.

Các loài tích muối thuộc các chi Excoecaria, Lumnitzera, Avicennia, Osbornia, Rhizophora, Xylocarpus và Sonneratia thường tích các ion Cl^- và Na^+ trong vỏ, thân, rễ và lá già. Thường những lá tích muối nhìn chung đều mọng nước trước khi rụng xuống như ở *Excoecaria, Sonneratia và Lumnitzera*. Bằng cách này lượng muối thừa được chuyển ra khỏi các mô trao đổi chất. Đối với các chi như Xylocarpus và Excoecaria lượng muối thừa được thải ra qua quá trình rụng lá hàng năm trước khi tạo ra mùa tăng trưởng mới. N.H. Trí (1984) đã công bố hàm lượng các ion Ca^{++}, Mg^{++}, Na^+, K^+, Cl^- và SO_4^{--} trong các lá cây ngập mặn ở các trạng thái:

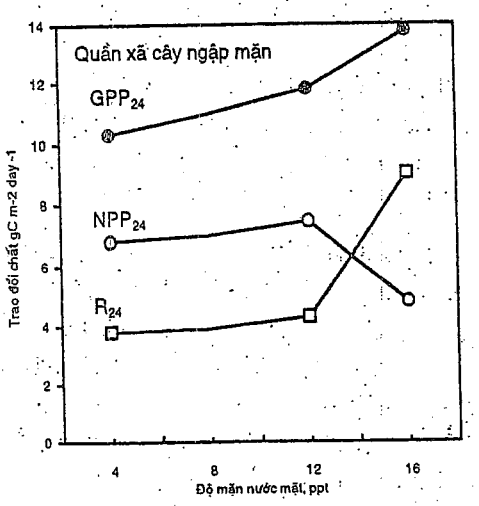
khô, mới rụng, lá dày và lá mỏng. Kết quả cũng cho thấy tỉ lệ Cl trong các lá dày của *Rhizophora apiculata* và *Bruguiera parviflora* khá cao (10;25 - 8,09 %). Trong môi trường ngập nước hoặc độ mặn cao lá cây *Bruguiera cylindrica, Ceriops sp., Kandelia candel* cũng dày lên do tích muối (P.N. Hồng, 1996).

Clough (1984) cho rằng nồng độ muối cao trong cây ngập mặn giúp cho việc giữ áp suất thấm lọc của tế bào thấp hơn thế năng nước của đất. Nhờ đó mà ở trong môi trường độ mặn cao cây ngập mặn vẫn có thể lấy được nước từ môi trường ngoài do khả năng cân bằng nước dương. Các loài cây không có tuyến muối cản tới 95 - 98% NaCl của môi trường. Tuy nhiên còn lại khoảng 2 -5% muối đi qua rễ cũng đủ tạo ra một lượng muối đáng kể trong mô lá. Các muối này đi theo mạch gỗ chuyển lên lá. Lượng muối đi qua mạch gỗ trong cả đời sống của cây *R. stylosa* nhiều hơn 30 lần lượng muối hiện có trong lá.

Lượng muối đi vào trụ mầm các loài 'sinh con' và 'bán sinh con' khi còn gắn với cây mẹ đều được điều chỉnh *(Rhizophora, Ceriops, Bruguiera, Aegiceras, Avicennia và Acanthus)*. Trụ mầm của *Avicennia marina* ở vùng bãi bùn nước lợ có thế năng thẩm thấu kém ở môi trường nước biển vì chúng chứa Na và Cl ít hơn. Rõ ràng là khi còn gắn với cây mẹ, về mặt thẩm thấu, các trụ mầm có thể điều chỉnh việc hút Na và Cl bằng cách tích lũy các chất hữu cơ hòa tan nhiều hơn các chất vô cơ, nhưng sau khi rụng xuống chúng nhanh chóng tăng hàm lượng muối cho đến khi hệ thống rễ của chúng có khả năng siêu lọc nước biển (Chapman 1944).

Muối có thể tác động đến chức năng của các men trao đổi chất do đó nó tác động đến các hoạt động sống như quang hợp, hô hấp và tổng hợp prôtit. Hàm lượng muối cao trong tế bào có thể ức chế các men carboxylase trong quá trình o xy hóa các bon . Hơn nữa hoạt động của men dehydrogenase trong cây ngập mặn thấp hơn ở

các loài thực vật khác, tạo nên sự cản muối. Khi sử dụng CO_2 phóng xạ, Joshi (1975) cho rằng việc tổng hợp các axít amin tăng lên làm hạn chế quá trình phân hủy phosphat và thủy phân axít malíc. Rõ ràng là thực vật ngập mặn có hàm lượng đạm, axit amin tích lũy trong mô và carbonhydrate cao hơn thực vật ở đất không mặn. Một số công trình nghiên cứu khác cho thấy có sự đảo lộn quá trình tổng hợp prôtít liên quan với độ mặn của thể nền quá cao (Chapman 1944) (hình 8).



Hình 8. Sự thay đổi của quá trình trao đổi chất của cây ngập mặn khi tăng độ mặn của nước.
GPP_{24}: năng suất sơ cấp tổng số trong 24 giờ
NPP_{24}: năng suất sơ cấp thuần trong 24 giờ
R_{24}: hô hấp trong 24 giờ

Mizarachi và các cộng sự (1980) đã thử phản ứng của cây con *Avicennia* và *Rhizophora* trong các điều kiện mặn khác nhau về hàm lượng Cl và đạm (N tổng số, N prôtít và N amin) và tỉ lệ hấp

thụ axít amin, leucine đã được đánh dấu cả ở trong lá và rễ. Kết quả cho thấy hai loài này có những phản ứng khác nhau về một số phương diện, nhưng cả hai đều giảm hấp thụ leucine khi tăng độ mặn của đất, tức là giảm tổng hợp prôtít. Ở *Rhizophora* N amin tăng lên khi tăng độ mặn, trong khi ở *Avicennia* chỉ tăng lúc đầu khi độ mặn lên tới 9,6‰ sau đó thì giảm rất nhanh. Ở cả hai loài khi tăng độ mặn thì đạm amin đều được tích lũy trong rễ.

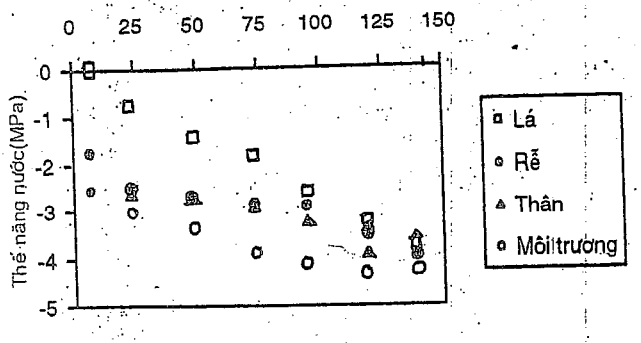
Các công trình nghiên cứu về tác động của độ mặn lên hoạt tính các men cho thấy mặc dù các men ở thực vật ngập mặn không khác với các loài thực vật khác nhưng dường như các men này bị ảnh hưởng trực tiếp của độ mặn trong cây. Chúng sẽ không hoạt tính nếu độ mặn quá cao. Làm thế nào các men này không bị những tác động đó? Có khả năng là hầu hết muối nằm trong các không bào, trong khi các men này lại nằm trong nguyên sinh chất nơi mà hàm lượng muối rất thấp. Tuy nhiên, thế năng nước của nguyên sinh chất và không bào phải cân bằng nhau. Do đó, về mặt nguyên tắc nếu tăng hàm lượng muối để các thành phần khác không ảnh hưởng tới chức năng của men thì tế bào phải có khả năng duy trì cân bằng thế năng nước của không bào.

Một số hợp chất hữu cơ đã được tìm thấy trong các thực vật chịu mặn với chức năng chất điều hòa như vậy. Ví dụ glycinebertain trong lá *Avicennia marina* chiếm 5 - 10% tế bào đủ để cân bằng tổng thế năng thẩm thấu của lá. Các hợp chất khác cũng có đặc tính điều hòa thẩm thấu như choline-O-sulphate, choline-O-phosphate, axit amin proline và sorbitol cũng được tìm thấy trong một số các loài chịu mặn. Sự tích lũy N amin ở *Avicennia* và *Rhizophora* tăng lên khi tăng độ mặn đều liên quan đến proline. Những nghiên cứu gần đây cho thấy lục lạp của *Avicennia marina* có những tính chất rất đặc biệt và khác với các loài không chịu mặn. Nó yêu cầu Cl trong quá trình quang hợp, điều này cho thấy các loài chịu mặn có thể tích luỹ Cl trong lục lạp.

2. BẢO TỒN NƯỚC NGỌT

Môi trường rừng ngập mặn thường được mô tả là "hạn sinh lý" hoặc "khô sinh lý" . Thực tế là hầu như lúc nào xung quanh các cây ngập mặn cũng đều có rất nhiều nước, nhưng do nước này là nước mặn hơn so với lượng nước chứa trong tế bào, do đó nước đi vào cơ thể ngược với hướng áp suất thẩm lọc. Quá trình này yêu cầu chi phí năng lượng đáng kể, năng lượng trao đổi chất để làm giảm độ mặn.

Về mặt cân bằng nước, một số tác giả cho rằng: cây ngập mặn phải có thế năng nước trong mô có giá trị thấp hơn thế năng nước của môi trường đất và nước bên ngoài để giữ cân bằng nước dương, trong đó áp suất thẩm thấu của chất nguyên sinh là thành phần chính của thế năng nước trong mô tế bào. Giá trị áp suất thẩm thấu của tế bào phụ thuộc nhiều vào độ mặn môi trường. Độ mặn môi trường càng cao thì giá trị này càng nhỏ, cây muốn giữ được cân bằng nước dương càng phải tích lũy nhiều muối để có giá trị áp suất thẩm thấu dịch tế bào nhỏ hơn giá trị áp suất thẩm thấu của môi trường (hình 9).



Hình 9. So sánh thế năng nước của các bộ phận cây và môi trường (độ mặn nước biển = 100%)

Nguồn: P.N. Hồng và các cộng sự, 1997.

Áp suất thủy tĩnh trong mạch gỗ của một số cây ngập mặn nhỏ nhất là - 5,7 MPa vào ban ngày và lớn nhất là - 2,7 vào ban đêm. Khả năng thay đổi thế năng nước tương ứng với sự thay đổi độ mặn của môi trường là một trong những những đặc điểm sinh lý thích nghi giúp cây sống được nơi có độ mặn cao (M.S. Tuấn, 1994).

2.1. Những nét hạn sinh

Nhiều loài ngập mặn đã thể hiện những nét thích nghi của thực vật môi trường khô hạn nhằm bảo tồn và giữ nước, người ta thường gọi đó là những nét "hạn sinh". Đó là khả năng hạn chế thoát hơi nước và chịu được nhiệt độ cao của môi trường. Lá cây có cấu tạo chống mất nước như lớp cutin dày, có sáp bao phủ, lỗ khí nằm sâu trong biểu bì và thường đóng vào ban ngày, cách sắp xếp lá trên cành để tránh ánh sáng trực xạ,...

Lá của hầu hết những cây ngập mặn thường thể hiện một loạt những nét hạn sinh. Đó là đặc điểm của những cây ở vùng khô hạn hoặc nửa khô hạn. Phần lớn lá của các loài cây ngập mặn đều có biểu bì dày, ít nhất là mặt trên của lá thường có một lớp cutin, lớp lông dày hoặc vảy phủ lên các tuyến tiết muối hoặc lỗ khí nhằm làm giảm sự bốc hơi nước. Lỗ khí là những lỗ nhỏ trong lá có thể mở hoặc đóng, cho không khí ra, vào và cũng làm thoát hơi nước đáng kể. Trong một số trường hợp các lỗ khí này chỉ nằm ở biểu bì dưới của lá. Về mặt kích thước thì các lỗ khí này tương tự như thực vật ở những môi trường khác nhưng ở nhiều loài chúng nằm sâu trong biểu bì.

Sidhu (1975) cho rằng ở các cây ngập mặn có 3 loại lỗ khí, nhưng chưa thấy có mối tương quan chặt giữa chúng với các nhân tố sinh thái, mặc dù về mặt nguyên tắc đóng mở lỗ khí tuỳ thuộc vào sự chênh lệnh độ ẩm giữa không khí và bề mặt lá. Một số thì mở vào lúc 4 - 10 giờ sáng và đóng vào đầu buổi chiều rồi lại mở

nhẹ vào buổi tối. Tuy nhiên, khi nghiên cứu quang hợp của *Rhizophora và Avicennia* ở Úc một số tác giả (Clough 1985) lại thấy lỗ khí mở suốt ngày, có lẽ do thích nghi với nhiệt độ cao phản ánh qua tỉ lệ thoát hơi nước.

Sự có mặt của tầng cutin dày, sáp, lỗ khí chìm và các tế bào đá phân bố khắp tế bào, kể cả tế bào biểu bì đó là những nét khô hạn thích nghi với sự khô sinh lý của môi trường ngập mặn. Sự tích nước trong mô thịt của lá cũng là những nét hạn sinh. Khi nghiên cứu *Rhizophora và Sonneratia* sống trong điều kiện nước ngọt và nước mặn cho thấy sự mọng nước chỉ xảy ra khi có mặt của muối trong môi trường. Về mặt giải phẫu lá mọng nước người ta thấy phần thịt lá rất phát triển, chứa nước, còn gian bào thì rất hẹp. Trừ *Sonneratia, lumnitzera* có hai mặt lá khá giống nhau, lớp tế bào hạ bì mỏng, còn các loài khác thì các tế bào thịt lá lớn hình thành một mô chứa nước ở trung tâm. Phần thịt lá xốp chiếm tới 40 % phẫu diện cắt ngang.

Ở một số loài thuộc các chi Avicennia, Ceriops và Bruguiera, phần cuối của các bó mạch (mô dẫn nước và dung dịch) được bao bọc bởi các nhóm tế bào không đều lớn hơn rất nhiều so với thành phần dẫn, vách dày, giữ nước và nối với lớp tế bào hạ bì. Khi giải phẫu gỗ của một số loài cây ngập mặn cho thấy số lượng mạch trên 1 mm^2 khá lớn. Mạch có tiết diện nhỏ hơn thể hiện đặc điểm thích nghi với sự vận chuyển nước trong mô dẫn, việc bố trí tấm "rây" như ở *Rhizophora* dường như là lý tưởng cho việc chống lại sự vỡ mạch khi tăng áp suất. Tất cả đều thể hiện sự thích nghi với đặc điểm khô sinh lý của môi trường.

2.2. Thoát hơi nước

Như đã trình bày ở trên, rất nhiều cây ngập mặn thể hiện đặc tính chịu khô hạn liên quan với sự giữ nước. Đặc biệt là tỉ lệ thoát

hơi nước cũng thấp hơn so với các cây không ngập mặn. Clough (1980) cho rằng tỉ lệ thoát hơi nước ở *Avicennia marina* đạt cực đại vào nửa buổi sáng (10 giờ) sau đó thì giảm đi một chút. Sự ngập nước triều không ảnh hưởng tới việc giảm thoát hơi nước vào buổi chiều. Dường như là tỉ lệ thoát hơi nước cao làm thiếu hụt nước bên trong dẫn đến việc các lỗ khí đóng lại . Khi lỗ khí đóng thì nhiệt độ tiếp tục tăng cao đã ngăn cản việc mở lại, ngay cả khi nước đã đủ. Tuy nhiên, các tác giả đều cho rằng ở quần thể *Avicennia* không có sự thay đổi áp lực nước trong suốt cả ngày, ngay cả ngày nắng liên tục.

Scholander và cộng sự (1962) cho rằng tỉ lệ mất nước ở các cây ngập mặn liên quan đến quá trình thích nghi với môi trường. Những thực vật này sống trong môi trường độ mặn cao có xu hướng thoát hơi nước ít hơn các cây sống trong điều kiện ít mặn hơn, một phần do nước cung cấp tới lá tương đối thấp mặc dù sự chênh lệch áp suất hơi giữa lá và lớp không khí thường là cao. Hơn nữa, việc duy trì thế năng thẩm thấu của nhựa nguyên (mặc dù có thể cao hơn thế năng áp lực thủy tĩnh) đòi hỏi chi phí năng lượng cao bởi vì nước được lấy vào ngược với gradient thẩm thấu. Cuối cùng, do nhựa nguyên có muối, tỉ lệ thoát hơi nước cao sẽ tập trung nhanh muối vào trong lá với những tác động có hại về sau.

Scholander và cộng sự (1965) đã phân tích chi phí sinh lý của sự thích nghi này cho thấy: chỉ có một lượng nước hạn chế được lấy vào cơ thể và vận chuyển ngược với gradient thấm lọc. Khả năng này được thể hiện trong cơ chế thoát hơi nước thấp hơn và hô hấp cao hơn. Năng lượng để hấp thụ nước và chức năng của các cấu trúc như lông, cu-tin, và vảy góp phần làm tăng khả năng thích nghi của thực vật. Những cây ngập mặn ở những vùng bất lợi thì chi phí năng lượng rất nhiều cho hô hấp và cơ chế tái chu trình thấp, do vậy tỉ lệ tăng trưởng cũng thấp hơn.

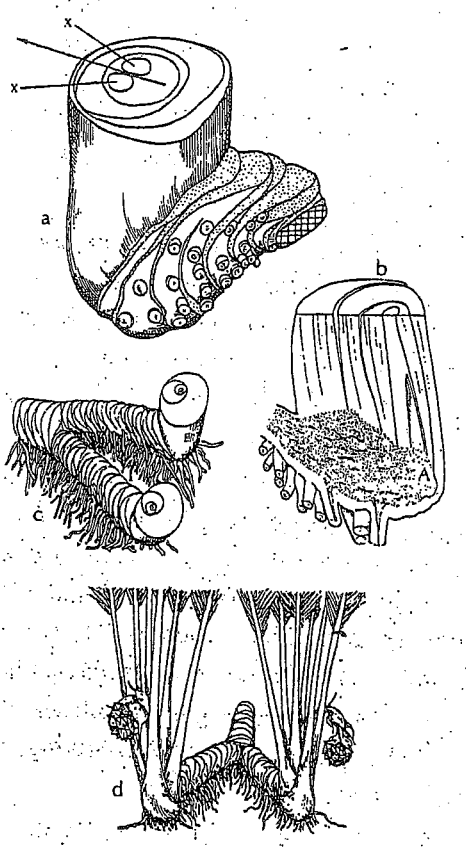
3. SỰ CHUYÊN BIỆT CỦA HỆ RỄ, THÂN VÀ LÁ

3.1. Rễ

Có thể nói môi trường đất ngập nước yếm khí (hàm lượng ô xy thấp) và thể nền nhão là hai khó khăn lớn tác động đến cây ngập mặn, do đó khả năng chống đỡ về mặt cơ học kém. Hệ thống rễ của nhiều loài thể hiện những đặc điểm thích nghi giúp cho việc vượt qua những khó khăn này. Hầu hết hệ thống rễ các cây ngập mặn đều bao gồm các rễ nhỏ và phát triển theo chiều ngang giống như mỏ neo, sau đó mới mọc ra những rễ dinh dưỡng, lông hút. Hệ thống rễ thường nông, độ sâu nhìn chung không quá 2 m. Mặc dù hệ thống rễ nông như vậy, tỉ lệ sinh khối phần dưới mặt đất so với phần trên mặt đất ở cây ngập mặn cao hơn các loài thực vật khác, đặc biệt là giai đoạn đầu của sự phát triển.

Một số loài không có hệ thống rễ chuyên biệt, chẳng hạn như *Aegialitis và Excoecaria*. Rễ của các loài này thường nằm sát lớp đất bề mặt, chỉ số diện tích bề mặt rễ tương đối nhỏ, có thể dễ dàng đồng hóa ô xy nên chúng thường chỉ phát triển trên những vùng đất ít ngập nước, đất cao, thoáng khí hơn. Tuy nhiên, dừa nước *(Nypa)* có hệ rễ củ (thân ngầm) dưới đất, không có hệ thống rễ thở chuyên biệt nhưng lại phát triển được ở những vùng đất ngập định kỳ. Ta có thể xét một số kiểu rễ đặc trưng của cây ngập mặn như sau (hình 10):

Rễ thở (rễ hô hấp): đó là loại rễ đâm ngược lên mặt đất từ hệ thống rễ cáp ngầm ở phía dưới, giống như những cái chông, ví dụ như ở Avicennia, Xylocarpus và Sonneratia. Ở các loài thuộc chi Sonneratia và Avicennia các rễ hô hấp mọc từ các rễ bên nằm ngang gần mặt đất và đâm thẳng lên không khí thành hình chông, xếp thành các tia hình phóng xạ quanh thân cây. Rễ hô hấp có số lượng lỗ vỏ lớn, chẳng hạn như ở chi Avicennia trung bình 14-16 lỗ vỏ/cm^2; chi Sonneratia 9-11 lỗ vỏ/cm^2.



Hình 10. Cấu trúc giải phẫu thân rễ cây dừa nước *(Nipa fruticans)*

a) Lát cắt ngang cây non với 2 trục phát triển
b) Lát cắt dọc thân rễ cho thấy vị trí của chồi
c) Thân rễ phát triển theo 2 nhánh
d) Hai nhánh thân rễ và buồng quả

Nguồn: Tomlinson, 1971; Ba, 1987.

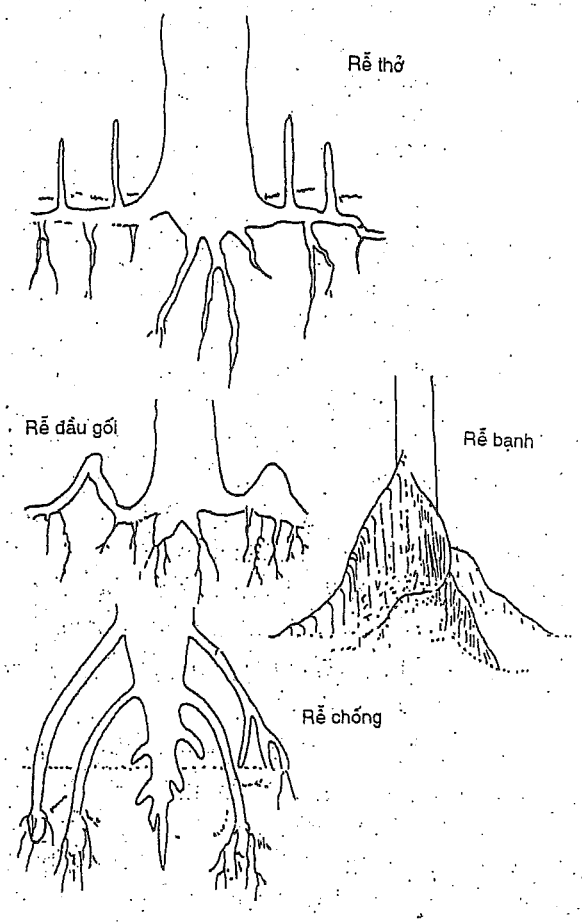
Ở các chi Sonneratia và Avicennia, rễ hô hấp trên mặt đất có nhiều tính chất thích nghi với việc thu nhận không khí khi nước triều xuống. Cấu trúc giải phẫu trên lát cắt ngang cho thấy ngoài cùng là tầng bần gồm nhiều lớp tế bào hình chữ nhật, tầng vỏ lục gồm 2-3 lớp tế bào hình nhiều cạnh, chứa diệp lục, và chúng cũng tham gia vào quá trình quang hợp.

Rễ đầu gối: Đó là phần rễ biến dạng của rễ ngầm, phình lên và trồi trên mặt đất, sau đó lại đâm xuống dưới. Từ các phần nhô này lại mọc ra các rễ dinh dưỡng đâm sâu xuống đất, như ở các loài thuộc chi Bruguiera có rễ gập hình đầu gối xuất phát từ các rễ bên ở quanh gốc thân, từng đoạn một lại nổi lên trên mặt đất, lúc đầu nhọn sau tù và nhẵn dần (hình 11).

Rễ chống: Rễ này xuất phát từ thân rồi đâm xuống đất như ở *Rhizophora, Ceriops* đôi khi cũng gặp ở *Kandelia candel*. Rễ chống ngoài tác dụng làm giá đỡ cho cây còn có chức năng thu nhận và dự trữ không khí. Số lượng lỗ vỏ trên rễ khá lớn, chẳng hạn như ở *R. stylosa* bình quân 13-15 lỗ vỏ/cm^2; *R. mucronata:* 15-17 lỗ vỏ/cm^2; *R. apiculata:* 15-18 lỗ vỏ/cm^2. Khi cây sinh trưởng trên đất rắn, ít ngập thì số lượng rễ chống giảm mạnh và trên đất vườn không còn ngập thì loài *Rhizophora apiculata* trưởng thành không còn rễ chống nữa (P.N.Hồng, 1983).

Rễ không khí: Là loại rễ mọc ra từ thân hoặc cành thấp rồi đâm xuống phía dưới nhưng thường không tiếp xúc với đất, chẳng hạn như ở *Rhizophora, Avicennia, Acanthus.*

Rễ ốp: Rễ này cũng mọc ra từ thân nhưng tạo nên những bản mỏng sát gốc, giống như gốc bạnh ra (Hutchings 1987), như ở chi: Heritiera. Một số tác giả khác lại cho rằng đây là một loại bạnh gốc, và như vậy cho đến nay vẫn còn tồn tại những ý kiến khác nhau về vấn đề này.



Hình 11: Các loại hình thái rễ chính ở cây ngập mặn
Nguồn: Tomlinson, 1971

Bạnh gốc: ở gốc thân của *Kandelia candel* và các loài thuộc chi *Bruguiera* và *Heritiera* hình thành những bạnh gốc gần giống như bạnh gốc của một số loài cây trong rừng mưa nhiệt đới (P.N.Hồng, 1983). Bạnh gốc có nhiều lỗ vỏ hoặc vỏ nút dọc, lớp ngoài mềm có tác dụng thu nhận không khí. Phía dưới bạnh gốc mọc ra nhiều rễ bên, làm nhiệm vụ dinh dưỡng.

Nhiều tác giả cho rằng điều hết sức quan trọng là hầu hết các chi cây ngập mặn đều có một hoặc nhiều loại rễ này, tùy thuộc vào điều kiện môi trường cụ thể.

Các công trình nghiên cứu đều thống nhất cho rằng cấu trúc các loại rễ này thích nghi với việc cung cấp không khí cho những bộ phận rễ dưới mặt đất, đồng thời cũng là những cái "neo" bám chắc vào đất với chức năng nâng đỡ. Nhưng có lẽ điều quan trọng nhất là các cây ngập mặn sống ở vùng đất ngập nước triều khác nhau nên cũng có nhiều loại rễ khác nhau. Sự có mặt của những mô xốp chứa khí và rất nhiều gian bào ở hầu hết các phần rễ trên mặt đất đã chứng minh cho luận điểm này. Scholander (1955) đã cho rằng cơ chế hút khí ở *Rhizophora mangle* và *Avicennia germinans* chỉ xuất hiện khi đất yếm khí.

Snedaker (1981) đã làm thí nghiệm trồng *Avicennia germinans* sau đó để ngập nước hoặc bùn lầy thấy cây chết hàng loạt và các mô rễ bị thối rữa rất nhanh. Việc xây dựng các đầm nuôi tôm bằng cách quây kín một mảnh rừng ngập mặn rồi không cho nước triều ra vào thường xuyên đã gây ra hậu quả nghiêm trọng là hệ rễ bị phá huỷ cây sẽ chết đứng, khô đen một cách nhanh chóng trên một vùng rộng lớn như ở Đồng Rui, Tiên Yên (Quảng Ninh). Trong trường hợp mặt nước bị ô nhiễm dầu phủ lên các rễ thở của *Avicennia* cũng gây ra hậu quả tương tự (Snedaker 1981).

Canoy (1975) đã chứng minh số lượng rễ chống trên m^2 tăng lên khi nhiệt độ tăng (do hàm lượng ô xy hòa tan giảm) ở mội

trường ô nhiễm nhiệt. Trong điều kiện trầm tích bồi tụ được nâng cao 1,5 cm/năm thì hệ thống rễ thở có thể vươn lên thích ứng và tiếp tục cung cấp không khí cho rễ, còn các loài khác thì mọc ra rễ chống, rễ đầu gối hoặc rễ ốp được dày lên. Trong trường hợp trầm tích bị xói lở không bồi tụ thì các cây ngập mặn phát triển rất nhiều rễ trên mặt đất khác nhau nhằm làm giảm dòng chảy xung quanh cây và bám chặt vào đất, nhất là ở những vùng bờ cát xói lở. Hosokawa (1977) đã nghiên cứu tác động của dòng nước và độ ngập lên sự phát triển rễ của cây *Kandelia candel* ở Nhật Bản. Ở những cây mọc sát kênh rạch nước chảy thì gốc bạnh ra giống rễ ôm. Khi cây ngập trong nước thường xuyên hơn thì rễ chống được hình thành.

Tomlinson (1975) đã nghiên cứu sự thay đổi về mặt giải phẫu xảy ra trong rễ chống và rễ không khí của *Rhizophora* khi đâm vào các thể nền khác nhau, đặc biệt là màu bên ngoài của rễ thay đổi từ nâu sang trắng do lớp bề mặt mỏng mất đi diệp lục, các vách dày không được hình thành nữa và mô mềm chứa rất nhiều khoảng trống chứa khí. Rễ không khí có khoảng trống 5% chứa khí trước khi đâm sâu xuống nền so với khoảng 50% sau khi nằm sâu trong nền.

Ở hầu hết các loài cây ngập mặn, trên biểu bì của thân và rễ thường có lỗ vỏ. Kích thước và mật độ lỗ vỏ thay đổi tùy theo từng loài và độ cao trên mặt nước. Các lỗ vỏ trên bề mặt rễ thở và thân của *Avicennia marina* là các lỗ nhỏ màu đen trên bề mặt. Chúng tạo nên các khoảng không chứa khí, trực tiếp thông khí với bên ngoài, với chức năng giống như cơ quan thông gió thứ hai. Các lỗ vỏ trên thân loài cây này có thể thấy ở độ cao 3 mét trên mực nước ngập trung bình.

Về mặt cấu trúc giải phẫu, khi rễ đâm vào trong bùn thì cấu trúc có nhiều biến đổi: mô mềm vỏ phát triển mạnh cả trong cấu

tạo sơ cấp và thứ cấp (chiếm 42,4 - 55,7% chiều dày của rễ), mô mềm ruột cũng phát triển (32,9 - 49,4%), phần trụ hẹp, chỉ chiếm 2,8 - 5,5% bề dày rễ. Miền vỏ khá phát triển, gồm nhiều lớp tế bào hình hơi tròn, không đều, hoặc tế bào hình sao xếp liền nhau và tạo ra những khoảng trống lớn chứa khí. Ngoài ra, còn có các thể cứng dị hình ở trong mô mềm, hoặc có phần mô cứng tập trung ở phía ngoài libe như ở *Avicennia* (Lan 1997). Cấu trúc của nội bì gồm một lớp tế bào tồn tại lâu, màng tế bào thường hóa gỗ cả 4 mặt, tăng thêm độ cứng cho rễ. Số lượng tế bào hút rất ít. Trụ giữa kém phát triển, chiếm một tỷ lệ nhỏ, mô mềm ruột cũng chỉ chiếm 6 - 13% ở *Sonneratia*, 14 - 17% ở *Avicennia* bề dày của rễ.

Về mặt sinh lý sinh thái, hiện nay chúng ta có rất ít thông tin về sinh lý và trao đổi chất của rễ cây ngập mặn. Những hướng nghiên cứu quan trọng cần tập trung giải quyết là sự thích nghi trao đổi chất của rễ đối với sự ngập nước và thiếu ô xy, bên cạnh đó là quá trình cản muối. Ngập nước và đi kèm theo nó là thiếu ô xy trong đất thường liên quan với sự phát triển của mô khí (các khoảng không chứa khí). Những mô này có thể như một nơi dự trữ ô xy, hoặc như một hệ thống cho phép nâng thể tích cực đại của rễ so với số lượng mô sống. Bởi vậy, nó cho phép đạt được một sự tiết kiệm trong việc tiêu phí ô xy trên đơn vị thể tích. Tuy nhiên, việc làm dễ dàng cho khuếch tán khí qua sự thích nghi hình thái là cách giải thích chưa hoàn toàn thỏa đáng về khả năng chịu ngập của cây ngập mặn mà cần tính đến vai trò của thích nghi trao đổi chất đối với điều kiện yếm khí.

Khi thí nghiệm với các loài cây ngập mặn, Joshi (1975) đã tìm ra một loạt những phản ứng trao đổi chất xảy ra trong điều kiện yếm khí, ngập nước. Trong những điều kiện này, a-xít malíc đóng vai trò quan trọng hơn ethalon. A-xít malic, shikimic và quilic là sản phẩm cuối cùng của trao đổi chất được tích lũy trong rễ, và a-

xít succinic là một sản phẩm thông thường của hô hấp yếm khí. Một số tác giả đã kiểm tra sự tích lũy các a-xít hữu cơ ở một loạt các loài từ chịu ngập tới không chịu ngập và thấy rằng có liên quan giữa cường độ trao đổi chất a-xít hữu cơ với độ ngập khác nhau. A-xít malic được tích lũy trong những loài chịu ngập, nhưng lại rất ít trong những loài không chịu ngập. Lượng a-xít succinic tăng lên và a-xít lactic giảm đi ở những loài chịu ngập.

Có ba ý nghĩa của việc tích lũy a-xít malic. *Một là*, cũng giống như các a-xít hữu cơ khác a-xít malic có thể tích lũy trong tế bào thực vật với số lượng lớn mà không làm tổn thương các tế bào, khác với các a-xít có gốc ethanol. *Thứ hai*, a-xít malic là sản phẩm trung gian trở thành ethanol trong hô hấp yếm khí và có thể quay trở lại trong quá trình trao đổi chất ở điều kiện hiếu khí. *Thứ ba*, về hấp thụ cation, a-xít malic tích luỹ số lượng lớn sẽ bảo tồn được môi trường điện trung tính của tế bào.

Tuy nhiên, người ta còn chưa rõ con đường hô hấp a-xít malic tồn tại trong các cây ngập mặn liệu có trong các thực vật ngập nước khác không. Rõ ràng là nếu hô hấp liên quan với cơ chế cản muối thì quá trình này sẽ cung cấp năng lượng trực tiếp hoặc gián tiếp cho việc duy trì và tổng hợp màng tế bào có khả năng cản muối. Do đó, cường độ hô hấp của rễ cây ngập mặn có thể cao hơn các cây không ngập mặn. Trong trường hợp này, chu trình hô hấp yếm khí trong điều kiện ngập nước sẽ giúp cho thực vật ngập mặn tạo được ưu thế thích nghi lớn, đồng thời giúp cho việc duy trì môi trường trung tính ion trong các tế bào rễ, đó chính là quá trình thích nghi rất quan trọng. Rõ ràng là vai trò các nghiên cứu sinh lý cây ngập mặn là hết sức quan trọng.

3.2. Thân

Các loài cây ngập mặn trưởng thành thường là loài ưa sáng, tán hình nón khi còn non, phân cành gần sát gốc. Khi mọc riêng lẻ, thân phân nhánh nhiều, nhưng khi mọc thành quần thể hay quần

xã cùng với các loài khác thì có hiện tượng tia thưa tự nhiên mạnh, nhất là *Rhizophora* và *Bruguiera*, cây có thân thẳng, cao, các cành tập trung ở phần ngọn. Một số cây *Sonneratia caseolaris* hoặc *Avicennia marina* mọc ở nơi có sóng gió nhiều thì thân cũng thấp, phân cành sát gốc và thường phát triển theo chiều ngang.

Các nghiên cứu cấu trúc giải phẫu thân cho thấy trong phần mô mềm, vỏ và ruột đều có một số tế bào chứa thể oxalat canxi, tế bào chứa chất nhờn và tanin. Cấu tạo thứ cấp của thân từ ngoài vào trong có tầng bần gồm nhiều lớp tế bào hình đa giác xếp xít nhau chừa ra những khoảng trống chứa khí nhưng kém phát triển hơn phần rễ. Một số loài có các tế bào đá, tinh thể oxalat canxi làm tăng thêm độ rắn cơ học của thân.

Cấu tạo đặc trưng nhất của phần gỗ của hầu hết cây ngập mặn là có số lượng mạch lớn, kích thước mạch bé và thành mạch dày so với các chi cùng họ mọc ở các môi trường khác. Đặc biệt ở *Aegiceras corniculatum* có số mạch rất lớn: 145 - 150/mm^2. Tính chất này có thể giúp cho cây vận chuyển được nước lên cao và nhanh, hạn chế tác hại của muối trong cây.

Một số công trình nghiên cứu về cấu tạo thân thứ cấp bất thường ở các loài thuộc chi Avicennia cho thấy gỗ và libe xếp thành từng lớp vòng quanh thân kế tiếp nhau. Ở phần thân còn non thì vòng gỗ thứ nhất thể hiện các bó riêng rẽ, phần libe thành vòng khá rõ, có cả tầng phân sinh; vòng gỗ thứ hai dày hơn và liên tục, tầng libe thứ hai cũng dày. Thân, cành càng già thì số vòng libe gỗ càng nhiều. Trên các khúc gỗ cắt ngang ta thấy rất rõ từng tầng gỗ nối tiếp nhau, xen giữa là phần libe đã bị bẹp.

Bên cạnh đó, mô mềm ruột cũng phát triển nhưng kém hơn phần ruột ở cấu tạo sơ cấp, chúng chỉ chiếm 27-50% độ dày thân. Các tế bào xếp không xít nhau tạo những khoảng trống chứa khí. Trong mô mềm ruột có nhiều tế bào đá, tế bào tiết tanin và chất

nhầy hoặc tế bào chứa tinh thể cầu gai như ở *Bruguiera* (P.N.Hồng 1993).

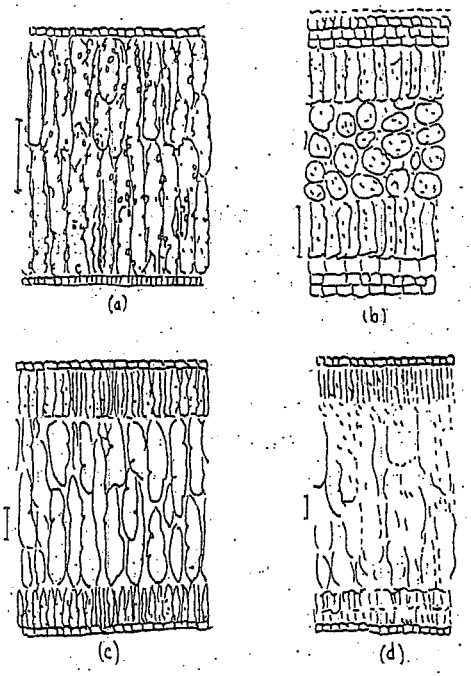
3.3. Lá

Trừ một số loài thuộc chi Sonneratia và Excoecaria có lá rụng nhiều vào mùa đông ở miền Bắc, hoặc khi thời tiết bất lợi, còn phần lớn là cây thường xanh, lá dày, nhẵn bóng, có lớp sáp mỏng ở cả hai mặt và lá thường dòn. Biểu bì ở hầu hết các loài đều có lớp cutin dầy, các tế bào biểu bì trên thường lớn hơn tế bào biểu bì dưới. Lỗ khí chỉ phân bố ở mặt dưới lá, trừ các loài mọng nước và cây một lá mầm. Số lượng lỗ khí trên đơn vị diện tích tương đối lớn (115 - 205 lỗ khí/mm^2), thay đổi theo điều kiện môi trường và vị trí của lá.

Một số loài thuộc chi Avicennia, Aegiceras và Acanthus có tuyến tiết muối ở trên mặt lá.

Tuyến muối có ở cả mặt trên và mặt dưới lá, nhưng thường ở mặt trên nhiều hơn mặt dưới, trừ trường hợp của *Aegiceras*. Ở hầu hết các loài, tầng hạ bì tập trung ở mặt trên, một số khác thì có cả ở mặt dưới, 1-2 lớp. Các tế bào của tầng hạ bì có màng mỏng, kích thước lớn hơn các thành phần khác. Khi nhuộm kép bắt màu sáng nên dễ phân biệt với các thành phần khác của lá. Về kích thước, ở những lá càng già thì tầng hạ bì càng phát triển.

Ở hầu hết các loài cây ngập mặn đều có tuyến tiết chất nhầy, tế bào chứa tanin. Nhiều loài có mô cứng dị hình phát triển, nhất là ở *Rhizophora*. Các tế bào mô cứng thường tập trung bao bọc các gân lá, làm tăng độ cứng cho lá. Gân chính thường có mô dày góc ở sát biểu bì do đó mà lá cây ngập mặn rắn và dòn hơn nhiều loài cây trong nội địa. Lá khi còn non thì tương đối mỏng, nhưng lá càng già càng dày lên. Đặc điểm này phù hợp với chức năng tích lũy muối thừa để thải ra ngoài khi lá rụng (hình 12).



Hình 12. Cắt ngang lá cây *Aegialitis annulata* (a); *Ceriops tagal* (b); và loại dây leo rừng ngập mặn *Amyemata mackayense* (c); *Sonnetia casseolaris* (d)

4. PHẢN ỨNG VỚI ÁNH SÁNG

4.1. Ánh sáng và thực vật ngập mặn

Thông thường lá cây hạn sinh có khả năng thích ứng cao hơn những loài không ưa sáng, khi cường độ ánh sáng cao. Do đó, những nét hạn sinh của cây ngập mặn giúp cho việc thích nghi với cường độ ánh sáng cao. Ngoài những nét hạn sinh người ta còn thấy ở lá cây ngập mặn còn thể hiện bằng diện tích bề mặt lá, vị trí sắp xếp và sự phân hóa, phát triển của mô dậu. Ở hầu hết các loài cây ngập mặn và liên quan với sự bố trí các chồi tạo ra sự thích nghi cao nhất cả trong điều kiện ánh sáng thay đổi.

Ở hầu hết các lá cây ngập mặn thì mô chứa nước nằm giữa biểu bì và mô mềm có chức năng bảo vệ mô dậu khỏi bị tác động của nhiệt độ cao và tia hồng ngoại. Các tế bào tanin của các loài *Ceriops* và *Rhizophora* có thể bảo vệ lá khỏi cường độ ánh sáng mạnh và các tia cực tím. Tuy nhiên, vai trò của tanin vẫn chưa được nghiên cứu một cách rõ ràng. Chẳng hạn, ở các lá ngoài sáng có tầng hạ bì kém hơn so với lá trong bóng, điều này ngược với giả thuyết cho rằng tầng hạ bì có chứa tanin bảo vệ cho mô dậu khỏi cường độ ánh sáng mạnh và tia cực tím. Tuy nhiên, người ta còn cho rằng tanin có thể giúp cho việc ngăn cản nấm bệnh và thải muối thừa.

Về mặt hình thái có thể phân biệt lá "ưa sáng" và lá "ưa bóng" ở một số loài cây ngập mặn như *Lumnitzera, Ceriops, Aegiceras.* Chẳng hạn như ở cây *Ceriops tagal* thì lá trong bóng to và dày hơn, tỉ lệ thể tích bề mặt cao hơn, rất ít lỗ khí ở mặt dưới lá, có hạ bì ngấm tanin dày cả hai mặt lá, phần mô dậu dày hơn, biểu bì và cutin ít hơn. Về mặt hình thái, cũng có thể phân biệt lá cây con của *Avicennia marina* ngoài sáng và trong bóng; lá cây trong bóng có nhiều diệp lục hơn, trọng lượng tươi và diện tích bề mặt cao hơn, giàu diệp lục b hơn a. Tuy nhiên, rất khó phân biệt giữa lá ngoài sáng và trong bóng về mặt quang hợp và trao đổi khí.

Dựa trên sự phân tích kiểu tăng trưởng và cấu trúc cây người ta có thể xác định dạng tán lá của các cây ngập mặn. Tuy nhiên, các dạng tán cũng thay đổi tùy thuộc điều kiện môi trường. Chẳng hạn như ở cây *Avicennia marina* tán có dạng "ô, dù" khi rễ thở phát triển trong quần thể có mật độ cao, còn tán có dạng xòe rộng khi cây mọc đơn lẻ, có lẽ để bảo vệ cho hệ thống rễ thở phía dưới khỏi ánh sáng mặt trời chói chang.

Cường độ ánh sáng cao thường đi đôi với nhiệt độ cao và tăng sự mất nước. Do đó, sự thích nghi của thực vật là thể hiện sự cân

bằng giữa ưu thế quang hợp và hiệu ứng có hại của các điều kiện vật lý đi kèm với bức xạ cao. Nhu cầu về ánh sáng của các cây ngập mặn từ cây con, cây nhỡ và cây trưởng thành cũng thay đổi tùy theo điều kiện địa lý. Có thể phân cây ngập mặn thành hai nhóm: chịu bóng cả khi cây còn non và cây trưởng thành *(Aegiceras, Ceriops, Bruguiera, Osbornia, Xylocarpus, Excoecaria)*, và nhóm không chịu bóng *(Acrostichum, Acanthus, Aegialitis, Rhizophora, Lumnitzera, Scyphyphora, Sonneratia)* nhưng *Avicennia* không chịu bóng khi cây còn non, và lại chịu bóng khi cây trưởng thành.

Ở cả hai nhóm, hai mặt lá đều giống nhau. Ba chi Ceriops, Osbornia (chịu bóng) và Lumnitzera (không chịu bóng) đều có lá hướng sáng, do đó hiệu quả quang hợp tăng lên trong ngày, đồng thời giảm được độ nóng trên đơn vị diện tích lá. Chẳng hạn khi đo nhiệt độ ở tán cây *Rhizophora stylosa* vào mùa hè cho thấy lá mọc xiên mát hơn lá nằm ngang 5°C, tỉ lệ mất nước thấp và tỉ lệ quang hợp cao hơn.

4.2. Quang hợp

Lugo và cộng sự (1975) cho rằng tỉ lệ quang hợp ánh sáng ngày của lá *Rhizophora mangle* và *Avicennia germinans* ngoài sáng gấp hai lần trong bóng. Vào ban đêm lá trong bóng lại có tỉ lệ hô hấp cao hơn lá ngoài sáng bốn lần. Cường độ thoát hơi nước của hai loài cũng khác nhau. Lá ngoài sáng của *Rhizophora mangle* có tỉ lệ thoát hơi nước cao hơn lá trong bóng, ngược lại ở *Avicennia germinans* thì thấp hơn. Về mặt sinh lý, phản ứng đối với ánh sáng và nhiệt độ thay đổi tùy theo vị trí của lá trong tán.

Quang hợp của cây ngập mặn thường bão hoà ánh sáng ở cường độ chiếu sáng bằng 1/3 hoặc 1/2 toàn sáng, và nhiệt độ không khí tối đa dưới 35°C. Tỷ lệ đồng hoá CO_2 tối đa của cây

ngập mặn, cả trong phòng thí nghiệm và ngoài thực địa đều nhỏ hơn 15 mol $CO_2/m^2/s$. Nhiệt độ thích hợp cho nhiều loài là từ 17°C đến 30°C. Khi nhiệt độ lên trên 30°C thì quang hợp giảm dần. Cây ngừng quang hợp khi nhiệt độ trên 40°C. Nguyên nhân có thể là do lỗ khí đóng lại ở nhiệt độ trên 30°C (Clough, 1980).

Độ mặn có ảnh hưởng khá mạnh tới năng suất quang hợp. Nồng độ muối cao, đặc biệt là nồng độ muối trong tế bào lá cao sẽ ức chế phản ứng tổng hợp các hợp chất các bon trong quang hợp. Thông thường quá trình quang hợp tỉ lệ nghịch với độ mặn của môi trường. Tuy nhiên, quang hợp giảm nhưng cây ngập mặn vẫn duy trì được năng suất quang hợp dương ở tất cả các độ mặn thí nghiệm kể cả những độ mặn cao hơn độ mặn nước biển (150% độ mặn nước biển). Chính vì vậy cây ngập mặn có khả năng tồn tại được ở độ mặn muối cao (M.S. Tuấn 1995).

Khi nghiên cứu sự trao đổi các bon trong quang hợp của 2 loài cây ngập mặn ở Ấn Độ, Joshi (1975) cho rằng chúng đều có loại aspartate do sự hạn chế enzym đê-hy-đơ-rô của malic khi có mặt hàm lượng NaCl cao. Để kiểm tra giả thuyết này, người ta đã sử dụng các bon phóng xạ trong môi trường trồng các cây này, sau đó phân tích những sản phẩm trao đổi chất đầu tiên cho thấy các loài này thể hiện chu trình cố định các bon C_4. Nhưng mới đây một số tác giả khi nghiên cứu sự thích nghi sinh hóa trong chu trình cố định các bon quang hợp đối với một số cây ngập mặn qua tỉ lệ các bon phóng xạ $^{13}C/^{12}C$ cho thấy dường như là cây ngập mặn có chu trình trao đổi các bon quang hợp C_3 thông thường (Seanger, 1987).

Quá trình thích nghi sinh lý của nhiều loài thực vật thường thể hiện bằng cường độ quang hợp tối ưu. Chẳng hạn như tỉ lệ quang hợp của lá cây *Avicennia marina* ngoài sáng cao gấp 4,5 lần so với lá trong bóng, mặc dù cường độ sáng để đạt tới tỉ lệ quang hợp tối đa trên đơn vị diện tích bề mặt lá là tương đương nhau. Hiệu quả

lượng tử (quantum) của tán lá *Avicennia marina* có thể đạt tới giá trị 0,0135 mol CO_2 trên mol bức xạ tích cực về mặt quang hợp. Giá trị này thấp hơn so với cây không ngập mặn. Hơn nữa, hiệu quả lượng tử chỉ thu được khi cường độ ánh sáng thấp; khi cường độ ánh sáng giữa buổi trưa thì hiệu quả lượng tử giảm đi tới 1/10. Sự suy giảm này có ở nhiều loài thực vật, đặc biệt là những loài không ngập mặn. Do đó, mặc dù cơ chế quang hợp của *Avicennia marina* không hiệu quả, nó vẫn là loài thích nghi nhất với điều kiện trong bóng (Clough, 1980). Trên thực tế ở nhiều vùng *Avicennia marina* là loài cây tiên phong; trong quá trình diễn thế tự nhiên loài cây này thường bị thay thế bởi các loài khác ưu thế hơn. Điều này cho thấy còn có rất nhiều điều cần phải làm để giải thích một vấn đề thực tế nào đó.

Quá trình quang hợp của cây con *Avicennia marina* thể hiện sự thích nghi tốt nhất trong điều kiện ngoài sáng, nhưng chúng lại cũng có khả năng sử dụng ánh sáng tán xạ một cách hiệu quả, do đó chúng vẫn sống sót được trong điều kiện dưới tán.

5. THÍCH NGHI VỚI SÓNG, GIÓ VÀ SƯƠNG GIÁ

Các loài cây ngập mặn có những cơ chế thích nghi đa dạng đối với những thay đổi bất thường của thời tiết, khí hậu. Các phản ứng khác nhau với cường độ ánh sáng từ thấp tới trung bình, nhưng khi tăng cường độ lên mức gây chết thì hầu hết các loài bị tổn thương ở các mức độ rất khác nhau. Hầu hết các loài đều chịu được sương mù, mức độ tùy theo mỗi loài và vị trí địa lý. Triệu chứng lá bị cháy xém là sự chuẩn bị giảm chỉ số diện tích bề mặt lá. Bão gió thường gây ra gẫy cành, rách lá nhưng khả năng hồi phục lại cũng khá nhanh. Một số kẻ thù sinh học như sâu bọ ăn lá, đục thân có thể gây chết cho một số cây.

Trong số các loài cây ngập mặn thì cấu trúc giải phẫu gỗ của *Avicennia* có các vòng tăng trưởng luân phiên gỗ và libe không thể

hiện theo năm, không đồng tâm. Điều này mang lại một số ưu thế về trọng lượng, khó đổ gãy, nhưng dễ bị đục rỗng. Các thổ dân ở Úc thường đục rỗng những gốc cây để sử dụng làm nơi trú ẩn. Cấu trúc các vòng không theo qui luật lại cho thấy ưu thế là bất cứ phần thân nào bị hỏng thì vẫn đủ mô dẫn còn lại giúp cho việc đâm chồi và khôi phục trở lại. Do đó, cây *Avicennia* rất khó chết ngay cả khi bị bóc vỏ thân.

Khi nghiên cứu giải phẫu gỗ thứ cấp, người ta thấy rằng ở *Ceriops* các sợi libe vách dày hình thành một ống mô nâng đỡ làm cho thân chắc và cứng, còn ở *Rhizophora* có rất nhiều các sợi, tế bào đá, nằm trong mô mềm ở hầu hết các bộ phận thực vật. Gỗ của các loài như *Bruguiera, Heritiera, Rhizophora apiculata* và *Lumnitzera littorea* có chất lượng rất tốt.

Trong trường hợp bị gãy, đổ, chặt cụt ngọn, thì một số loài có khả năng đâm chồi từ gốc, như ở *Kandelia candel, Avicennia, Sonneratia, Xylocarpus* và *Excoecaria*. Thông thường, tán lá bị tổn thương đầu tiên khi sử dụng hóa chất độc, (như trong chiến tranh ở Việt Nam). Lá của hầu hết các loài cây ngập mặn đều có các tế bào mô cứng giúp cho lá cứng, khỏe. Các chồi lá cũng giúp cho việc giảm thiệt hại do tác động của gió mạnh. Sau khi lá bị rụng thì các lá non đâm ra từ các chồi rất nhanh. Ở *Kandelia candel, Avicennia, Sonneratia* còn có các chồi trên thân. Ở *Rhizophora* khi còn non cũng có các chồi trên thân, nhưng khi cây trưởng thành thì chỉ có ở các cành tận cùng, mỏng. Nếu trong trường hợp tất cả các cành mang chồi bị tổn thương do bị chất độc hóa học, thay đổi thời tiết đột ngột, gió bão... thì cây sẽ bị chết. Có thể thấy một số cây chết đứng do một số nguyên nhân như sự thay đổi thế nền, bị ngâm nước lâu trong các đầm tôm, bị bật rễ do gió bão, bị mất hầu hết lá...

6. THÍCH NGHI SINH SẢN

6.1. Ra hoa và thụ phấn

Một số loài cây ngập mặn có thể ra hoa đầu tiên khi cây còn non 3 - 4 tuổi, đặc biệt *Kandelia candel* mới trồng 1 năm ở Hà Tĩnh đã ra hoa. Người ta vẫn còn chưa giải thích được các nhân tố liên quan đến hiện tượng này. Hầu hết các loài ra hoa vào mùa xuân - hè và tiếp tục phát triển thành quả, trụ mầm vào các tháng sau đó. Sự thụ phấn của hầu hết các loài cây ngập mặn nhờ gió, sâu bọ và chim.

Khi phân tích phấn hoa cho thấy hầu hết các loài đều có hạt phấn nhỏ và không dính, mỗi loài một kiểu. Nhưng ở *Nypa* hạt phấn dính và thụ phấn nhờ một loài ruồi dấm *Drosophylla*, còn ở *Aegiceras, Kandelia candel, Cynometra và Avicennia* hoa có mùi thơm, đĩa mật và thụ phấn nhờ ong. *Excoecaria* là loài đơn tính khác gốc, cụm hoa hình đuôi sóc, hạt phấn gồm hai tế bào, thụ phấn nhờ gió. Khi hoa *Sonneratia* nở thì tung ra vô số hạt phấn hơi dính, thường phát tán nhờ dơi và bướm đêm. Ở Nam Phi, cây *Bruguiera gymnorrhiza* thụ phấn nhờ sâu bọ và chim hút mật. Các cánh đài có tầng biểu bì ngấm cu tin cứng, chịu được một số áp lực giống như cơ chế lò xo phát tán các hạt phấn.

Tomlinson (1979) cho rằng các loài có hoa lớn như *B. gymnorhiza* thì thụ phấn nhờ chim, trong khi đó các loài có hoa nhỏ như *B. parviflora, B. cylindrica* thì lại thụ phấn nhờ bướm. *Ceriops* thì thụ phấn nhờ bướm đêm, còn *Rhizophora* thì lại thụ phấn nhờ gió, *Lumnitzera racemora* thụ phấn nhờ sâu bọ, nhưng *L. littoralis* thì lại thụ phấn nhờ bướm hút mật *Meliphaga gracilis*. Khi nghiên cứu cấu trúc hoa của *Acanthus ilicifolius* tác giả cũng cho thấy chúng phải có những loài động vật đến thụ phấn đủ mạnh để tách rời bốn chỉ nhị rồi chui xuống đĩa mật nằm ở gốc của bầu, đó là loại chim hút mật ngực màu vàng *Nectarina jungularis*.

*Bảng 2. **Thời gian hoa nở và trụ mầm chín của một số loài CNM ở Việt Nam** (L.T. Trế, 1997, chưa công bố).*

Loài	Địa điểm	Thời gian hoa nở (tháng)	Thời gian trụ mầm hoặc quả chín (tháng)
Đâng (*Rhizophora stylosa*)	Hà Tĩnh Quảng Ninh Huế	9	8 - 9 8 8 - 10
Đước (*R. apiculata*)	Cần Giờ		7 - 12
Trang (*Kandelia candel*)	Hà Tĩnh Quảng Ninh Huế Cần Giờ	4 - 7	 3 - 4 3 - 4 8
Vẹt Khang (*Bruguiera sexangula*)	Huế Cần Giờ	3 - 10 3 - 5	9 - 11 6 - 7
Vẹt dù (*B. gymnorrhiza*)	Quảng Ninh Hà Tĩnh Cần Giờ	7 - 8; 2 - 3 4 - 11 5 - 11	12 - 1; 6 - 7 9 - 12 7 - 9
Sú (*Aegiceras cornicu latum*)	Huế Cần Giờ	4 - 5 3 - 4	8 - 12 5 - 8
Giá (*Excoecaria agallocha*)	Huế Cần Giờ	8 - 9 6 - 7	10 7 - 8
Cóc vàng (*Lumnitzera racemosa*)	Huế Tiên Yên Quảng Ninh	5 - 1 2 - 6	10 10 - 11 8
Cóc đỏ (*Lumnitzera littorea*)	Huế	4 - 5	7 - 8
Cóc Hồng (*L. rosea*)	Huế	5	8
Dà quánh (*Ceriops decandra*)	Cần Giờ	4 - 7	8 - 9
Dà vôi (*C. tagal*)	Cần Giờ	7 - 10	7 - 10
Mắm lưỡi dòng (*Avicennia officinalis*)	Cần Giờ		4 - 7
Mắm trắng (*A. alba*)	Cần Giờ	4 - 7	8 - 10
Mắm Quăn (*A. lanata*)	Cần Giờ	4 - 5	7 - 10
Bần chua (*Sonneratia caseolaris*)	Cần Giờ	4 - 6	8 - 9

6.2. Sinh sản trụ mầm

Hầu hết các loài cây ngập mặn đều có trụ mầm chín vào những tháng mùa hè. Mùa ra hoa đầu tiên khác nhau tùy loài, ví dụ: sau 3 năm trồng cây *Rhizophora apiculata* bắt đầu ra hoa, nhưng sau 1 -

5 năm thì các loài *Bruguiera gymnorhiza*, *Ceriops tagal* và *R. stylosa* mới bắt đầu ra hoa. Nhưng cây *Kandelia candel* chỉ sau 1 năm trồng ở Hà Tĩnh đã bắt đầu ra hoa. Thời gian từ khi hoa nở tới khi trụ mầm thành thục ở *R. mangle*, *Kandelia candel* và *Aegiceras corniculatum* từ 8 - 12 tháng.

Thông thường mùa ra hoa, quả, trụ mầm xảy ra trong các tháng hè. Dường như là có một số yếu tố môi trường chung điều khiển quá trình này. Một số loài như *Kandelia candel*, *Sonneratia caseolaris* mỗi năm có 2 mùa ra hoa (một mùa chính và một mùa phụ). Hầu như đa số các loài đều có một vụ ra hoa chính trong năm, các tháng còn lại cây vẫn có thể ra hoa, kết trái nhưng tỉ lệ ít hơn rất nhiều. Khi trụ mầm còn đính trên cây mẹ thì tỉ lệ chết khá lớn, ví dụ ở *R. mangle* là 9 % vào tháng 1 (mùa đông), 13,4 % và 20,9 % vào các tháng 4 và 5 (mùa xuân) (Lugo và Snedaker, 1975).

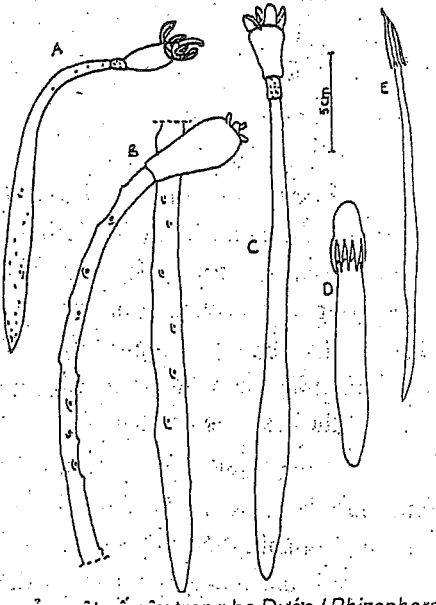
Khi bón thêm các chất dinh dưỡng cho cây, mặc dù chúng ra hoa nhiều nhưng chỉ có khoảng 7,2 % nụ hoa ở *R. mangle* phát triển cho tới khi trụ mầm trưởng thành. Ở *R. apiculata* cũng chỉ có 7 % nụ hình thành hoa, và chỉ có 1 - 3 % là hình thành quả. Ở *Kandelia candel* thì không quá 30 % nụ hoa phát triển thành trụ mầm trưởng thành. Quả non của *Sonneratia alba* được hình thành với tỉ lệ 41/46 nụ hoa (Tomlinson 1981). Cũng như đối với các loài không ngập mặn, nấm và sâu bọ thường tấn công quá trình ra hoa, và ngay cả khi quả và trụ mầm đã hình thành, gây thương tích hoặc thối rữa.

6.3. Hiện tượng "sinh con" và "nửa sinh con"

Các cây ngập mặn có các loại quả khác nhau, ở một số chi thì hạt trong quả nảy mầm sớm ngay trên cây mẹ, phôi phát triển thành cây con không qua giai đoạn nghỉ. Loại cây con này chứa hàm lượng nước thấp. Ở *Bruguiera*, *Ceriops*, *Rhizophora*, *Kandelia*, và *Nypa* phôi chui ra khỏi vỏ quả phát triển khá dài nhưng vẫn gắn trên cây mẹ. Hình thức này gọi là "sinh con"

(vivipary). Ở *Aegiceras*, *Acanthus*, *Avicennia*, *Aegialitis*, *Laguncularia* và *Pellicera* phôi cũng phát triển trong quả nhưng không đủ lớn để chui ra khỏi vỏ. Hiện tượng này được gọi là "nửa sinh con" (Criptovivipary). Những loài còn lại đều có hạt như các loài thực vật khác, tức là có giai đoạn nghỉ trước khi nảy mầm và không nảy mầm khi còn trên cây mẹ (hình 13).

A) *Rhizophora mangle*
B) *R. mucronata*
C) *R. apiculata*
D) *Bruguera gymnorhiza*
E) *B. parviflora*



Nguồn: Tomlinson, 1971

Hình 13. Các loại trụ mầm của một số cây trong họ Đước (*Rhizophoraceae*)

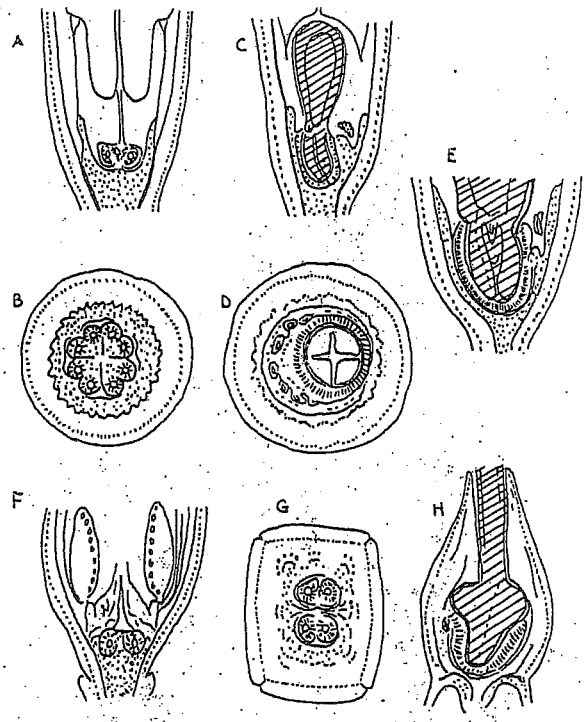
Về mặt cấu trúc giải phẫu của trụ mầm cho thấy: ngoài cùng là biểu bì có cutin, ở *Rhizophora* biểu bì có hai lớp tế bào, ở *Bruguiera* có lớp hạ bì chiếm 0,6 - 0,7 % độ dày trụ mầm. Tiếp theo là mô mềm vỏ, ở *Bruguiera* mô mềm vỏ ngoài gồm những tế bào hình nhiều cạnh xếp xít nhau, chừa khoảng trống bé; mô mềm vỏ giữa gồm các tế bào xếp thành hình hoa thị, chừa những khoảng trống chứa khí rộng; vỏ trong có 2-3 lớp tế bào hình trứng hơi

không đều, lớp tế bào ở giữa bé nhất. Toàn bộ phần mô mềm vỏ chiếm 42,5 - 60% độ dày của trụ mầm.

Vỏ trụ gồm những tế bào hình nhiều cạnh không đều, có nhiều bó mạch libe gỗ xếp chồng chất theo hình tam giác, đỉnh ở phía trong (ly tâm), giữa các bó là tầng phát sinh trụ có 2-4 lớp (tùy loài) tế bào hình chữ nhật bé. Xen kẽ các bó này có những bó chỉ có libe, không có phần gỗ. Phần bó mạch chiếm tỷ lệ nhỏ, trong cùng là mô mềm ruột gồm những tế bào hình trứng xếp khít nhau, chừa ra một số khoảng trống chứa khí. Phần này phát triển mạnh, chứa các chất dự trữ, trong đó có tinh bột (hình 14).

Trong phần mô mềm vỏ và ruột còn có các tế bào đá, đôi khi tập hợp thành đám lớn như ở *Rhizophora*, các tế bào chứa chất nhờn, tế bào chứa tanin, hạn chế tác hại của muối và các động vật phá hoại trụ mầm khi rơi xuống bùn. Khi trụ mầm già (chín) xuất hiện một vòng cổ (collar) giữa quả và phần trụ dưới lá mầm (hypocotyle). Độ dài của vòng cổ thay đổi tùy theo loài, khi vòng cổ chuyển từ màu xanh lục sang các màu cánh gián (nâu) là trụ mầm sắp rời khỏi cây mẹ (hình 15).

Hai hiện tượng "sinh con" và "nửa sinh con" thường được coi là một hình thức thích nghi với môi trường ngập mặn, thể hiện bằng khả năng ra rễ nhanh, điều tiết muối, cân bằng ion, khi rụng xuống nước thì dễ nổi, tận dụng nguồn dinh dưỡng cây mẹ lâu hơn (ký sinh dinh dưỡng). Hiện tượng "sinh con" cũng có ở một số loài cỏ biển *Amphibolus và Thalassodendron* thể hiện rất rõ khả năng ra rễ nhanh của cây. Tuy nhiên, khả năng phân bố của những loài ngập mặn khác không có hiện tượng này như *Sonneratia, Lumnitzera, Xylocarpus, Excoecaria, Osbornia* cho thấy sự thích nghi đa dạng của sinh giới. Thủy triều, động lực nước tác động rất lớn tới khả năng cố định của cây con, có nghĩa là cây càng nhỏ thì khả năng bị cuốn trôi càng lớn. Bởi vậy, hiện tượng "sinh con" chỉ đơn giản là

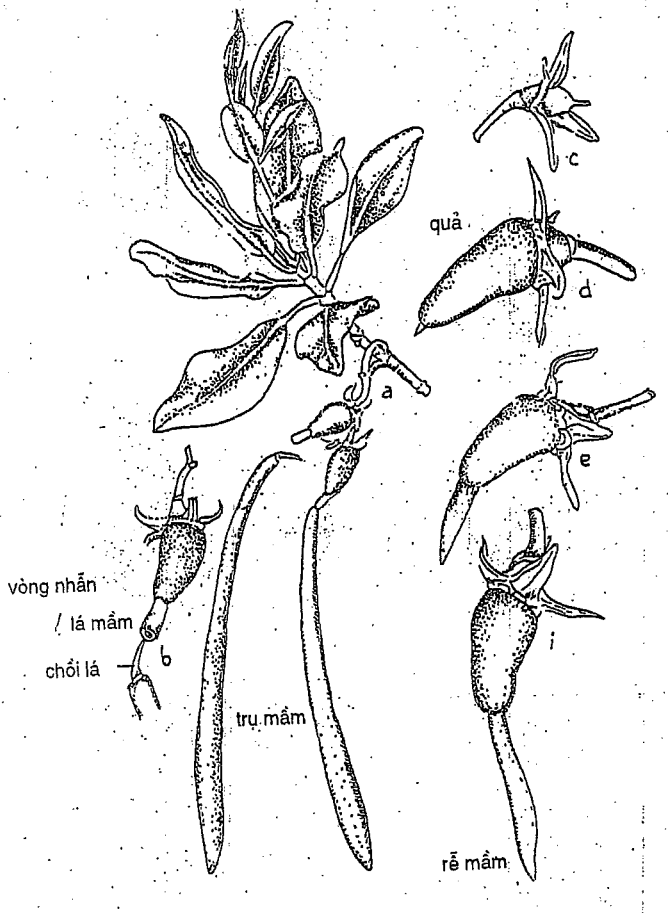


Hình 14. Cấu trúc giải phẫu của trụ mầm khi còn trên cây mẹ ở *Bruguera gymnorhiza* và *Rhizophora mucronata*

Bruguera gymnorhiza:
A) lát cắt dọc hoa
B) lát cắt ngang bầu
C) lát cắt dọc quả khi hạt còn đang nảy mầm trong bầu
D và E) lát cắt ngang và dọc quả khi trụ mầm đã trưởng thành và chuẩn bị rụng
ab.ov: bầu lép;

Rhizophora mucronata:
F) lát cắt dọc hoa
G và H) lát cắt ngang và dọc quả khi trụ mầm mới nhú ra

Nguồn: Tomlinson, 1971



Hình 15. Cành mang trụ mầm và các đoạn phát triển của trụ mầm

Nguồn: Tomlinson, 1971

giải pháp làm giảm khả năng bị cuốn trôi. Đối với những loài không có hiện tượng này thì kích thước của quả cũng khá lớn như ở *Xylocarpus, Heritiera, Cynometra.*

6.4. Phát tán và cố định trụ mầm

Các số liệu nghiên cứu về chu kỳ học cho thấy sự phát tán của trụ mầm *Aegiceras* trùng với con nước lớn bất thường, trong khi phát tán của *Avicennia* lại trùng với kỳ con nước kém.

Loài *Acrostichum* còn được gọi là dương xỉ ngập mặn có bào tử thì phát tán nhờ gió, tản thì nổi được trong nước mặn, nhưng lại chìm trong nước ngọt. Còn lại hầu hết các hạt, quả, trụ mầm, cây con của cây ngập mặn đều nổi và thích nghi với các hình thức phát tán nhờ nước. Hạt của loài tầm gửi ngập mặn *Dicaseum hirundinaceum* được phát tán nhờ chim, hạt của chúng không bị dạ dày của chim tiêu hóa.

Khả năng nổi của cây con có thể nhờ trụ mầm *(Rhizophora)*, hoặc vỏ quả và lá mầm *(Avicennia)*, nội bì *(Xylocarpus)*...Trụ mầm của *Avicennia marina* sau khi mất vỏ quả thì chìm xuống, thường trong 4 ngày. Các nghiên cứu cho thấy tỉ lệ tách của vỏ quả đều giảm đi khi độ mặn quá thấp hoặc quá cao so với độ mặn trung bình. Do đó, quá trình phát tán trong tự nhiên bị ảnh hưởng khá lớn khi độ mặn quá cao hoặc quá thấp .

Nhiệt độ cao cũng làm tăng tỉ lệ tách vỏ quả và làm cho thời gian phát tán cũng ngắn đi. Khi nghiên cứu ở *Avicennia marina*, Dowton (1982) cho rằng tỉ lệ tách vỏ và lá mầm tăng lên khi độ mặn tăng. Kết quả này lại ngược với một nghiên cứu tương tự ở Nam Phi.

Khả năng nổi của trụ mầm giúp cho phát tán một cách hiệu quả. Thí nghiệm trên 6 loài cây ngập mặn ở Panama, Rabinowitz

(1978) cho rằng các nhân tố ảnh hưởng tới khả năng phát tán bao gồm: tuổi thọ, sức sống, thời gian nổi, thời gian cố định vào bùn, và thời gian phát tán. Ngược lại với *Avicennia marina* , trụ mầm của *A. germinans* thì lại luôn luôn nổi và nó bắt buộc phải có một thời kỳ nước kém hoặc nơi đất cao, ngập ít, neo đậu lại để cố định vào bùn. Thời gian cho loài này ra rễ vào khoảng 7 ngày, trong khi ở *Avicennia marina* trụ mầm chìm xuống trong 7 ngày và 5 ngày sau thì ra rễ . Còn ở *Laguncularia*, trụ mầm chìm xuống khoảng 20 ngày, sao đó thì cần 5 ngày nữa để ra rễ.

Hai chi Rhizophora và Pelliciera có trụ mầm lớn thì chịu được dòng nước triều xoáy tốt hơn Avicennia và Laguncularia, và có khả năng đâm rễ cũng như tăng trưởng trong nước sâu một thời gian nhất định. Tuổi thọ trụ mầm có thể từ 35 ngày ở Laguncularia, tới hơn 1 năm ở *R. mangle* (Rabinovitzt 1978).

Từ những kết quả trên Rabinowitz (1978) cho rằng các quần thể cây con rừng ngập mặn có trụ mầm nhỏ thì tỉ lệ luân chuyển (turn-over) thay đổi hàng năm, trong khi trụ mầm lại chồng chất lên nhau ở những quần thể cây rừng ngập mặn có trụ mầm lớn hơn. Nói một cách khác hai hình thức sinh sản liên quan với nhau, cây ngập mặn có trụ mầm nhỏ phát tán rải rác hàng năm với những cây con có tuổi thọ ngắn thường bổ sung vào những chỗ trống do cây chết của những năm trước, trong khi những loài có trụ mầm lớn hơn hình thành những dải cây con dày đặc, nếu là loài không chịu bóng thì thường bị chết do dưới tán cây xung quanh, nếu là loài chịu bóng thì phát triển được dưới tán.

Tuy nhiên, cách giải thích như trên vẫn chưa thỏa đáng, như ở cây con Avicennia marina lại sử dụng ánh sáng tán xạ một cách hiệu quả, khó mà xác định đây là loài chịu bóng hay không. Hơn nữa, khi nghiên cứu các cây con mới cố định thì tỉ lệ sống của cây con 2-4 lá lên tới 8 năm không phụ thuộc vào trụ mầm nhỏ

(Lumnitzera), trung bình *(Avicennia, Aegiceras, Aegialitis)* hay lớn *(Rhizophora, ceriops)* (Saenger, chưa đăng).

Một số nghiên cứu so sánh số lượng trụ mầm cố định với cây trưởng thành của cùng một loài cho thấy tỉ lệ chết trước khi phát tán khá lớn. Sâu bọ đục thân, nấm, vi sinh vật phân hủy tấn công trụ mầm ngay cả trước khi rụng xuống. Nhưng khi cố định được rồi thì hà, giun ống (*Serpulit* và *Polychaetes*) lại tấn công. Khi tái sinh cây con ở những vùng nước chảy, để giảm bớt tác động gây hại của hà cần có những nghiên cứu cơ bản về mùa sinh sản, mật độ ấu trùng, vòng đời và tập tính của loài động vật này để có những giải pháp có tính chất tổng hợp. Đặc biệt không nên dùng các loại thuốc trừ sâu (DDT, 666..) sẽ có tác động lâu dài tới hệ sinh thái thuỷ vực. Cua, đặc biệt là cua bùn (*Scylla serata*) làm tổn thương trụ mầm nhiều nhất.

Khi trụ mầm cố định được rồi thì tác động của dòng nước xoáy đối với sự cố định cây con cũng khá nghiêm trọng. Quá trình cố định chỉ thành công khi cây đã ra rễ và có ít nhất một lá. Tỉ lệ chết ở năm đầu tiên là 72 % đối với *R. stylosa* tới 0% ở *L.racemosa và A. annulata*.

Nhân tố chính tác động tới tỉ lệ chết sau khi cố định được vào bùn là yếu tố vật lý như dòng nước xoáy, các nhân tố sinh học như: cua, sâu đục thân, ốc ăn lá...và nhân tố sinh lý như: nước không đủ, độ mặn đất cao...

Chương 4
RỪNG NGẬP MẶN VÀ MÔI TRƯỜNG

Như đã trình bày trong các chương trước, rừng ngập mặn thích nghi với môi trường lý hóa khá đặc biệt và được thể hiện trên nhiều phương diện, bao gồm: đa dạng về khu hệ thực vật, cấu trúc hoặc chức năng, các quần xã thực vật không đồng nhất , đôi khi có sự khác biệt rất rõ. Sự khác nhau này tùy thuộc vào các nhân tố môi trường hữu cơ và vô cơ tác động lên mỗi loài thực vật ngập mặn. Mối quan hệ giữa rừng ngập mặn với các nhân tố môi trường được thể hiện trong ba mối tương tác: giữa thực vật với môi trường lý hóa, giữa thực vật với nhau và giữa thực vật với động vật. Đặc điểm cấu trúc và chức năng của mỗi quần xã được quyết định tùy thuộc vào các mối tương tác này.

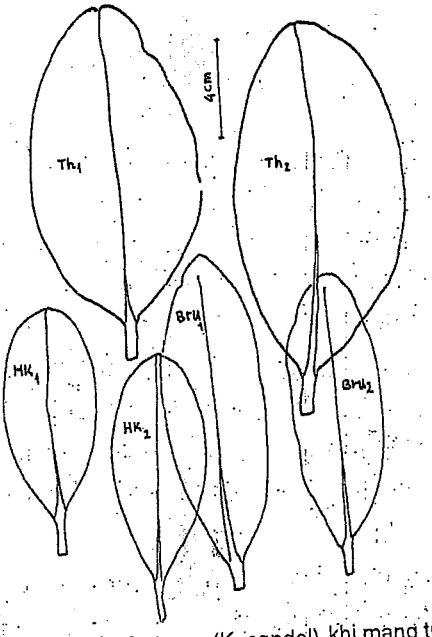
1. MỐI TƯƠNG TÁC GIỮA THỰC VẬT VÀ MÔI TRƯỜNG LÝ HÓA

Một số các nhân tố lý hóa được xem như là những nhân tố quyết định đầu tiên đến tăng trưởng và phát triển của thực vật. Các nhân tố này có thể tác động đến một hay nhiều quá trình sống diễn ra trong quần xã rừng ngập mặn. Đồng thời nó cũng góp phần xác định một loài có thể tồn tại và phát triển được ở một khu vực cụ thể nào đó. Sau đây chúng ta hãy xét một số nhân tố chính. Tuy nhiên, ngoài các nhân tố này, còn có các nhân tố khác ảnh hưởng tới quá trình tăng trưởng bình thường của thực vật mà chúng ta sẽ xét sau:

1.1. Nhiệt độ

Nhiệt độ tác động lên cả hai quá trình quang hợp và hô hấp, điều chỉnh phần lớn các quá trình trao đổi chất và năng lượng nội tại trong cơ thể thực vật. Tác động quan trọng nhất của nó là có thể điều chỉnh quá trình tiết muối ở lá và hô hấp ở rễ. Nhiệt độ tác động lên cả sự phân bố loài và đặc biệt là thềm nhiệt độ mà ở đó chồi non xuất hiện. Thông thường người ta phân ra theo các nhóm cận nhiệt (chồi bắt đầu xuất hiện khi nhiệt độ trung bình trên 25°C), nhóm ôn đới nóng (chồi xuất hiện khi nhiệt độ trong khoảng 15 - 25°C), và nhóm ôn đới lạnh (chồi xuất hiện khi nhiệt độ trên 10°C).

Dựa trên sự phân bố về loài thì rừng ngập mặn thuộc nhóm nhiệt đới và cận nhiệt đới mặc dù có một số loài nằm sâu xuống phía nam hoặc lên phía bắc của vùng cận ôn đới. Thực chất, có rất ít số liệu nói về tác động của nhiệt lên tăng trưởng của chồi. Các nghiên cứu thường chủ yếu đề cập đến là tăng trưởng của lá. Khi nghiên cứu sự tăng trưởng của lá mới ra hàng tháng của chín loài cây ngập mặn ở Glastone (vĩ độ 24° Nam) Saenger (1987) cho thấy mối quan hệ khá rõ giữa tăng trưởng và nhiệt độ không khí. Số liệu nghiên cứu trên *Avicennia* cho thấy mối quan hệ tuyến tính về tăng trưởng lá tăng khi nhiệt độ tăng tới 20°C, sau đó thì giảm đi khi nhiệt độ cao hơn. Ở vùng cực, tương quan tuyến tính cho thấy năng suất lá bị dừng lại ở nhiệt độ 12°C và dựa trên cơ sở này người ta đã xếp *Avicennia* thuộc nhóm ôn đới lạnh. Trong một công trình nghiên cứu về địa sinh thái Maxwel (1975) đã mô tả sự thay đổi về kích thước lá của loài cây *Kandelia candel* được mang từ Brunei, Thái Lan và Hồng Kông đem trồng ở Mai Po. Tác giả cho rằng điều kiện khí hậu, đặc biệt là nhiệt độ thấp vào mùa đông ảnh hưởng khá rõ tới kích thước lá (hình 16).



Hình 16. Kích thước lá cây trang (K. candel) khi mang từ Brunei (Bru), Hồng Kông (HK) và Thái Lan (Th) mang trồng tại Mai Po, Hồng Kông

Nguồn: G. Maxwel, 1995

Các kết quả nghiên cứu cho thấy hầu hết các lá mới của *Aegiceras corniculatum* đều xuất hiện vào tháng 2 - 4 ; năng suất lá chỉ chững lại khi nhiệt độ xuống dưới 16°C, trong khi đó năng suất lá cực đại khi nhiệt độ vào khoảng 25°C trong mùa thu. Khi nhiệt độ tăng lên vào mùa xuân thì không ra lá mới nào. Số liệu nghiên cứu trên *Rhizophora stylosa* cho thấy sự hình thành lá cũng sẽ dừng lại khi nhiệt độ xuống dưới 16°C. Lỗ khí của *R.mangle* chỉ mở hết cỡ khi nhiệt độ trên 18°C, do đó làm hạn chế thoát hơi nước và trao đổi khí trong quang hợp. Điều này cho thấy là cả hai loài *R. stylosa* và *R.mangle* đều thuộc nhóm ôn đới nóng (Snedaker, 1974).

Khi nghiên cứu trên 9 loài cây ngập mặn ở Gladstone và 16 loài ở Proserpine (Úc), Specht (1981) chia các cây ngập mặn làm 3 nhóm theo đới nhiệt độ như trên đã trình bày, thì chỉ có *Avicennia*

marina nằm trong nhóm ôn đới lạnh, điều này cũng được phản ánh về mặt địa lý. Hầu hết các loài còn lại đều thuộc nhóm ôn đới nóng, trừ *Xylocarpus granatum* chỉ thấy ở vùng nhiệt đới, cận nhiệt đới.

Sự phân bố địa lý của cây ngập mặn cũng phần nào nói lên phản ứng với nhiệt độ thấp của chúng. *Avicennia marina* dường như là chịu đựng tốt nhất với nhiệt độ thấp, chúng phân bố vượt ra ngoài các vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới như Nam Phi, New Zealand. Còn Chapman (1958) thì cho rằng *Avicennia marina* chỉ bị giới hạn bởi sương muối tạo nên khả năng gây chết cho cây.

Rất ít tài liệu đề cập đến phản ứng của cây ngập mặn với nhiệt độ cao, nhưng khi trồng cây ngập mặn ở gần vùng nước thải của các nhà máy thủy điện ven biển thì không thấy hậu quả gì, mặc dù một số tác động nhiệt có thể liên quan tới việc chu chuyển clorit hóa trong nước lạnh và thải ra các chất gây ô nhiễm trong không khí (Saenger, chưa đăng). Lugo và Snedaker (1974) cho rằng số lượng rễ chống trên đơn vị diện tích của *Rhizophora mangle* ở Puerto Rico tăng lên khi nhiệt độ nước tăng 5°C do nhà máy điện thải ra, số lá cũng nhỏ và nhiều hơn. Cây con *Avicennia germinans* bị chết khi nhiệt độ trong nước tăng 39 - 40°C, nhưng các cây đã lớn thì không ảnh hưởng gì.

Dựa trên mô hình sinh khí hậu khi phân tích mối tương quan giữa nhiệt độ lá và năng suất sơ cấp của *Rhizophora mangle* ở nam Florida, một số tác giả cho rằng nhiệt độ tối thích đối với tất cả các loài khoảng dưới 35°C, quá trình quang hợp bị ngừng khi nhiệt độ lên cao 40°C. Khi nghiên cứu mức độ chịu nóng và lạnh của các cây ngập mặn, Smillie (1984) đã xác định được mối quan hệ giữa hàm lượng diệp lục đối với sốc nhiệt độ ở mô lá. Hàm lượng diệp lục giảm đi đối với các lá giữ trong tối ở nhiệt độ 0°C. Hàm lượng

này cũng giảm đi khi nhiệt độ nước tăng lên 49°C trong vòng 10 phút.

Khi nghiên cứu sự chịu lạnh của 27 loài cây ngập mặn, Smillie (1984) thấy rằng *Bruguiera exaristata* và *Ceriops decandra* chịu lạnh rất tốt, càng gần xuống phía nam thì các loài này càng chịu lạnh tốt hơn. Nghiên cứu 20 loài cây ngập mặn trong vùng nhiệt đới ông cũng cho rằng các cây ngập mặn có khả năng chịu nóng cao hơn các loài cây khác khi sử dụng đồng đều các kỹ thuật nghiên cứu. Các loài nhạy cảm với nóng nhất là *Acrostichum speciosum, Acanthus ilicifolius* và *Rhizophora stylosa*. Cả hai loài *Acrostichum speciosum, Acanthus ilicifolius* đều phát triển dưới tán, ánh sáng tán xạ, chịu được độ nóng mặt trời trong thời gian ngắn, trong khi *Rhizophora stylosa* lại phát triển hoàn toàn ngoài sáng. Các nghiên cứu về thích nghi chịu nóng mới chỉ được thực hiện ở hai loài *Avicennia marina* và *Aegiceras corniculatum*.

1.2. Bức xạ

Trong một công trình nghiên cứu về mối quan hệ giữa ánh sáng và quang hợp ở trong và phía đỉnh tán cây *Avicennia marina*, Clough (1980) cho rằng quá trình quang hợp trở nên bão hòa sáng khi tổng bức xạ sóng ngắn nằm trong khoảng 200 - 400 Wm^{-2}. Hiệu quả quang hợp của loài này thấp hơn so với các cây không ngập mặn. Hơn nữa, hiệu quả quang tử giảm đi rất nhiều vào buổi trưa (khoảng 1000 Wm^{-2}) . Các tác giả kết luận rằng hiệu quả quang hợp của *Avicennia marina* tương đối thấp, chúng thích nghi với điều kiện trong bóng. Tuy nhiên, trên thực tế *Avicennia marina* ở các vùng ven biển nhiệt đới lại thể hiện khá rõ những đặc điểm của cây ưa sáng như mô dậu nhiều lớp, mặt dưới lá có lông dày, lỗ khí nhiều, lá màu lục nhạt. Việc đi sâu nghiên cứu loài cây này ở các vùng địa sinh học khác nhau sẽ rất thú vị.

Đối với hầu hết các loài cây ngập mặn thì ánh sáng dường như không phải là nhân tố giới hạn bởi vì nhiệt độ trung bình trong ngày thường vượt quá mức bão hòa (bức xạ trung bình ngày là 350 Wm^{-2}) .

1.3. Gió và thoát hơi nước

Tốc độ và hướng gió vùng ven biển tác động tới các cây ngập mặn qua cường độ sóng, đặc biệt khi triều cao, bão và gió. Hơn nữa, sự vận động của sóng và nước đều tác động tới sự vận động trầm tích. Gió đóng vai trò chính gây lên thoát hơi nước và tăng độ mặn, đồng thời gió mạnh cũng tàn phá tán lá. Tuy nhiên, nó lại giúp cho quá trình thụ phấn và phát tán nhờ gió ở một số loài. Tóm lại, có 3 yếu tố do gió gây ra là bốc và thoát hơi nước, tăng mực nước biển, trực tiếp tác động lên các quá trình sinh lý của cây ngập mặn.

Gió tác động đến độ thoát hơi nước ở cây ngập mặn cũng giống như đối với các loại thực vật khác. Tuy nhiên, do cây ngập mặn chịu tác động qua lại giữa đất liền và biển, chúng có khả năng thích nghi với gió bão. Vai trò của gió trong mối liên quan với tỉ lệ thoát hơi nước tỏ ra quan trọng đối với các loài thực vật ngập mặn. Ở những vùng đất cao phía sau rừng ngập mặn thì tỷ lệ bốc hơi nước cao làm cho thể nền thường khô rắn lại, kết quả là độ mặn trong đất cũng tăng lên, đôi khi tràn lên trên bề mặt. Chính điều này lại gây cản trở cho việc tái sinh rừng ngập mặn. Mặt khác ở những vùng nhiệt đới ẩm thì mưa, mây nhiều, độ ẩm cao làm hạn chế bốc hơi nước..

Quá trình bốc hơi cùng với tần số ngập nước quyết định độ mặn của đất ở những vùng khí hậu khắc nghiệt khô hạn và nửa khô hạn vùng nhiệt đới và á nhiệt đới nơi mà lượng mưa theo mùa và lượng bốc hơi nước cao quanh năm. Thường những vùng ven biển

có lượng mưa cao nhất thì lượng bốc hơi cũng cao nhất. Tốc độ gió vùng ven biển thường cao hơn trong đất liền, rừng ngập mặn cũng đóng góp làm giảm đi phần nào tốc độ gió. Lớp phủ thảm thực vật là rừng ngập mặn đã góp phần làm giảm quá trình bốc hơi của môi trường, đồng thời góp phần điều hòa khí hậu như độ ẩm, tốc độ gió và bức xạ mặt trời.

Khi xảy ra quá trình thoát hơi nước thì một lớp không khí ẩm được hình thành trên bề mặt lá với độ dày mỏng khác nhau. Ở những loài mà lá có lông hoặc vảy biểu bì thì lớp này dày hơn. Điều kiện gió cũng tác động đến độ dày của lớp không khí này, dày nhất ở các lá có lông. Lớp không khí bao bọc này làm giảm trao đổi khí giữa lá và khí quyển, do đó cường độ thoát hơi nước cũng giảm. Mặt khác, sự chuyển động không khí do gió tạo ra làm tiêu tan lớp không khí ẩm này thay bằng luồng không khí khô hơn và lại làm tăng lượng thoát hơi nước. Không khí càng khô thì lớp không khí ẩm bao quanh càng bị mang đi nhanh hơn và tỉ lệ thoát hơi nước cũng cao hơn. Nếu gió mạnh thì lỗ khí có thể đóng lại, thoát hơi nước giảm đi. Nhiệt độ cũng tác động tới cơ chế đóng mở lỗ khí. Khi thí nghiệm tác động của gió lên thoát hơi nước, người ta đo ở các cây của cùng một loài ở hai vị trí trong rừng và ngoài bìa rừng.

Gió còn tác động tới tăng mực nước biển trung bình. Sự thay đổi mực nước biển trung bình theo mùa tới 1 m ở phần phía Tây Nam vịnh Carpentaria do sự thay đổi theo mùa của gió. Tương tự như vậy, mực nước biển thay đổi ở vùng ven biển miền trung Queensland phụ thuộc vào gió đông và gió thu hè ở vùng ven biển này. Độ sâu và tần số ngập nước biển thay đổi trong khoảng 30 cm cũng dẫn đến những thay đổi sinh thái học có ý nghĩa. Chẳng hạn như ở vịnh Carpentaria mực nước biển tăng lên trong các tháng hè khi mà nước sông đổ ra biển cũng là cao nhất. Do đó tần số ngập

nước ngọt làm giảm độ mặn. Tuy nhiên, còn quá sớm để kết luận sự thay đổi mực nước biển theo mùa là quan trọng.

1.4. Thoát nước và thông khí

Thông khí của đất là nhân tố quan trọng trong môi trường rừng ngập mặn nhằm cung cấp ô xy cho quá trình hô hấp. Độ thông khí của đất liên quan trực tiếp với quá trình thoát nước. Nó phụ thuộc vào điều kiện địa hình và đặc tính vật lý của nền, đặc biệt là cấu tượng đất. Khi quan sát trên thực địa cũng thấy sự phân bố và tăng trưởng của cây ngập mặn khác nhau tùy thuộc vào độ nhạy cảm của chúng đối với các loại đất yếm khí, kém thoát nước. Như đã trình bày ở chương trước, cấu trúc của rễ chống, rễ ốp, rễ thở đóng vai trò quan trọng trong việc cung cấp o xy cho quá trình hô hấp của cây ngập mặn. Thường những vùng đất cát có độ thông khí và thoát nước khá tốt, còn đối với các loại đất thịt thì ngược lại thường tích nước trong đất.

Do bị ngập nước triều, đất vùng rừng ngập mặn thường có hàm lượng nước cao, o xy thấp, độ mặn cao. Hàm lượng hyđrô-sun-phít tự do cao, Eh trong khoảng - 100 và + 400 mv, độ pH 4,9 - 7,2. Các loại đất này thường lầy nhão.

Hàm lượng nước trong đất rừng ngập mặn (biểu thị bằng đơn vị trọng lượng tươi) ở vào khoảng 38-46% trong đất sét và 20-37% trong đất cát. Hàm lượng nước trong đất rừng *Rhizophora* ở Tây Phi vào khoảng 37,5% khi trong đất có 11,9% chất hữu cơ dạng sợi và chỉ có 33,9% trong đất có 5,5% chất hữu cơ dạng sợi. Giá trị bão hòa nằm trong khoảng từ 42,5% trong đất sét và 25,8% trong đất cát. Các tác giả cho rằng có mối liên quan trực tiếp giữa hàm lượng nước bão hòa và hàm lượng chất hữu cơ trong đất từ 2,5 - 6,3% (Saenger 1974).

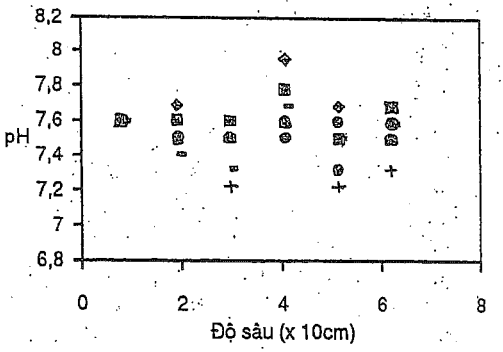
Đa số các loại đất rừng ngập mặn gần như lúc nào cũng bão hòa vì các khoảng trống trong đất chứa đầy nước. Như vậy, việc cung cấp ô xy là yêu cầu cơ bản bị ảnh hưởng nên các hoạt động tăng trưởng và phát triển của rễ bị giảm đi. Do hàm lượng ô xy trong đất thấp dẫn đến làm giảm độ pH, giá trị Eh của đất cao và hình thành các sun phít hoặc py rít (FeS_2) tự do do sự phân hủy yếm khí các chất hữu cơ.

Cũng do những điều kiện trên mà tỉ lệ nước được lọc (cm/h) qua đất rừng ngập mặn thấp, kể cả vùng đất cát, trừ đất gần các hang hoặc lỗ của. Điều kiện luân chuyển nước trong đất vùng rễ thấp cũng sẽ gây ảnh hưởng tới việc thiếu hụt các chất dinh dưỡng chính, có nghĩa là khả năng trao đổi cation quanh vùng rễ thấp. Điều kiện yếm khí cũng ảnh hưởng tới sự trao đổi pH từ đó ảnh hưởng tới dinh dưỡng khoáng. Chẳng hạn như phốt pho sẽ trở nên khó hấp thu khi pH thấp (hình 17, 18).

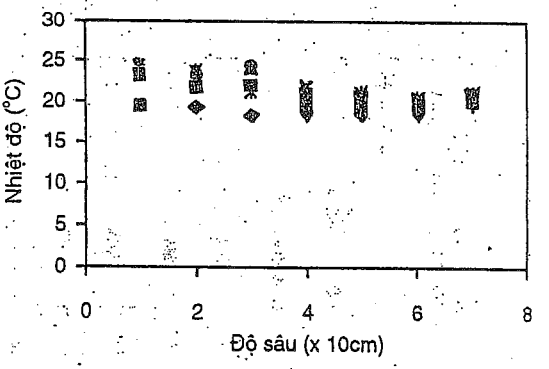
Tuy nhiên, tác động chính của đất bị ngập nước là gây sốc ô xy đối với rễ dẫn đến tính thấm của màng tế bào rễ bị giảm đi, từ đó gây ra sốc nước đối với cây. Trong thân của thực vật ngập nước sẽ dẫn đến tích lũy au xin và hàm lượng hoóc môn tăng trưởng cao do sốc ô xy. Kết quả là tạo ra việc hình thành các rễ bất định, ví dụ như việc hình thành các rễ không khí dày đặc của *Avicennia germinans* được trồng trong những vùng ô nhiễm dầu và độ ngập nước kéo dài. Hình như điều này giúp cho việc bảo đảm an toàn từng phần chức năng của rễ và hậu quả sốc nước đối với cây cũng giảm đi (Snedaker 1981) (hình 19, 20).

Về mặt sinh lý, sự giảm thoát hơi nước cũng góp phần làm giảm sốc nước đối với thực vật. Việc bài xuất cytokinin từ hệ thống rễ ngập bị giảm cùng với việc tích lũy a xít abscissic trong lá làm cho khí khổng đóng lại, lá già nhanh và làm chậm sự phát triển của chồi. Tất cả các hiện tượng trên đều góp phần làm giảm sự mất

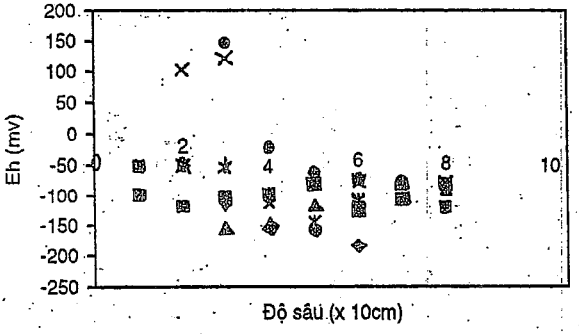
Hình 17. Sự thay đổi của độ pH đất theo độ sâu khác nhau ở các mẫu đất rừng ngập mặn Thái Bình và Nam Định



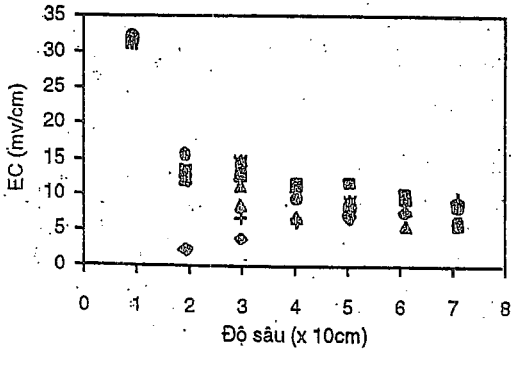
Hình 18. Sự thay đổi của nhiệt độ đất theo độ sâu khác nhau ở các mẫu đất rừng ngập mặn Thái Bình và Nam Định



Hình 19. Sự thay đổi của các giá trị thế năng khử (Eh) theo độ sâu khác nhau ở các mẫu đất rừng ngập mặn Thái Bình và Nam Định



Hình 20. Sự thay đổi độ dẫn điện (EC) của đất theo độ sâu khác nhau ở các mẫu đất rừng ngập mặn Thái Bình và Nam Định



nước trong thoát hơi nước. Tỉ lệ tăng trưởng chồi có thể bị giảm đi do sự cân bằng giberellin bị đảo lộn hoặc do sự tích lũy ethylene trong cây, điều này góp phần làm giảm mất nước trong quá trình thóat hơi nước.

Sự thích nghi của rễ như đã mô tả trong chương trước góp phần giúp cho cây phát triển được trong môi trường đất khó khăn của rừng ngập mặn. Tuy nhiên, sự thích nghi này cũng hết sức khác nhau tùy từng loài. Chẳng hạn như các loài thuộc chi Avicennia, Rhizophora và Bruguiera phát triển được trên các loại đất có những đặc tính rất khác nhau.

Chiều cao cây *Avicennia marina* cũng phụ thuộc vào đặc tính thoát nước của đất, thường những cây cao nhất đều mọc ở nơi bờ kênh rạch thoát nước tốt. *Ceriops tagal* thường chỉ mọc nơi đất cao, thoát nước tốt. (Chapman 1958) cho rằng *Rhizophora stylosa* phát triển trên đất thoát nước tốt ở Malaysia, trong khi đó ở Úc nó phát triển trên nhiều loại thể nền, nhưng các cây cao nhất thường mọc trên đất bùn xốp ngập nước. *Lumnitzera racemosa* phát triển tốt trên đất cát cao, ngập nước triều cao, thoát nước tốt. Thường *Osbornia octodonta và Bruguiera parviflora* phát triển trên đất có hàm lượng nước thấp, có thể do thoát nước tốt (*Bruguiera parviflora*) hoặc ít ngập triều (*Osbornia octodonta*) . Các loài phát triển trên đất có hàm lượng nước trung bình là *Bruguiera gymnorrhiza, B. exaristata, Cleodendron inerme và Acrostichum aureum*. Nhóm cuối cùng là các loài phát triển trên đất có hàm lượng nước trong đất cao do ngập triều hàng ngày như *R. stylosa, A. marina*, hoặc do ngập lâu nước ngọt trong mùa mưa như *Heritiera littoralis* và *Cynometra iripa*. Những cứ liệu dựa trên các loài thực vật như vậy được xem như những chỉ thị về chế độ nước trong đất.

1.5. Độ mặn của nước trong đất

Độ mặn của nước trong đất được xem như một nhân tố quan trọng điều khiển tăng trưởng, chiều cao, độ sống sót và phân vùng thực vật ngập mặn. Tầm quan trọng của độ mặn về mặt sinh lý thường được nghiên cứu trong các thí nghiệm trồng cây trong chậu ở các độ mặn khác nhau. Tuy nhiên, trên thực địa sự thích ứng với độ mặn lại hết sức khác nhau, có thể thấy những cây ngập mặn có thể phát triển được ở những độ mặn vượt quá độ mặn trong những điều kiện thí nghiệm. Chẳng hạn như *Avicennia marina*, *Lumnitzera racemora* có thể chịu được độ mặn trong đất lên tới 90% nước biển, trong khi *Rhizophora mangle* bị giới hạn bởi độ mặn 65%. *Avicennia germinans* ngừng phát triển khi độ mặn 60-80% nước biển. Trong điều kiện thí nghiệm, *Avicennia và Aegiceras* đạt tăng trưởng cao nhất khi độ mặn 25% nước biển (Macnae 1968).

Độ mặn trong đất lại bị chi phối bởi nhiều nhân tố như độ ngập triều, loại đất và địa hình, lượng mưa tổng số của khu vực, dòng nước ngọt do sông đem lại, nguồn nước vùng nội địa lân cận mang tới, độ bốc hơi.... Tuy nhiên, trong điều kiện ngập triều hàng ngày thì lượng bốc hơi nước và tần số ngập là những nhân tố quan trọng nhất quyết định độ mặn của đất. Những nhân tố khí hậu khác như độ ẩm, tốc độ gió, bức xạ mặt trời cùng với lớp phủ thực vật cũng có ý nghĩa quan trọng qua việc tác động lên quá trình bốc hơi nước.

Ở các loại đất có hàm lượng sét cao thì tác động của nước mặn bị hạn chế. Độ ngập triều, lượng mưa và bốc hơi tác động nhiều tới lớp đất bề mặt, mặc dù sau đó có thể đạt mức cân bằng giữa các lớp đất trong một thời gian nhất định. Nhìn chung độ mặn của đất liên quan trực tiếp với: độ mặn của nước triều, tần số ngập, lượng mưa, tỉ lệ bốc hơi nước, đặc tính của đất, nước thượng nguồn đưa xuống.

Thông thường, ở một địa điểm cụ thể nào đó thì các nhân tố như độ mặn nước triều, đặc tính đất, lượng mưa, tỉ lệ bốc hơi nước, nước thượng nguồn đưa xuống ít biến động. Như vậy, độ mặn đất thường bị quyết định bởi khoảng thời gian giữa các lần ngập triều. Ví dụ như ở vùng đất sét ven biển nơi mà lượng mưa thấp, lượng bốc hơi cao và lượng nước thượng nguồn không đáng kể, thì độ mặn đất đạt cao nhất khi triều cường trung bình với tần số ngập 400 lần / năm, nhưng chỉ có 5% tổng thời gian.

Nhưng ở một địa điểm khác có lượng mưa thấp hơn, độ bốc hơi cao hơn thì độ mặn cực đại trong đất có thể cao hơn và nằm dưới gradient liên triều. Mặt khác, ở nhưng nơi mà lượng mưa cao hơn nhiều độ bốc hơi thì độ mặn trong đất chỉ đơn giản là sự giảm theo tuyến tính từ biển vào đất liền, sự phân bố của thực vật cũng không bị đứt quãng. Ngược lại, ở những vùng lượng mưa thấp, có mùa mưa và khô xen kẽ thì có các đầm lầy mặn thường xuất hiện nằm giữa quần xã rừng ngập mặn và thực vật nội địa. Điều này được xem như sự phân vùng địa sinh học.

Số liệu nghiên cứu về tính chịu mặn của thực vật ngập mặn đối với các loại độ mặn đất khác nhau còn rất hạn chế. Sự phân chia các loài theo độ chịu mặn khác nhau thường không rõ ràng. Tuy nhiên, người ta thường dễ đi đến thống nhất khi quan sát trên thực địa *Avicennia marina* phát triển trong biên độ dao động độ mặn lớn nhất, trong khi đó *Heritiera littoralis và Cynometria iripa* có biên độ dao động độ mặn hẹp nhất, và không phát triển được khi độ mặn cao. *Rhizophora stylosa, Aegialitis annulata, Bruguiera gymnorrhiza, Ceriops tagal* có thể phát triển ở độ mặn gấp 3 lần nước biển. *Aegiceras corniculatum* có thể chịu được ở cả hai điều kiện độ mặn cao và thấp, mặc dù chúng thường phát triển ở độ mặn thấp hơn *Avicennia marina*.

Trên thực tế chúng ta thường gặp những cây ở những vùng có độ mặn cao như: *A. marina, B. gymnorhiza, C. tagal, L. racemosa, R. stylosa, S. alba, X. australasicus* và những cây thường gặp những vùng có độ mặn thấp như: *A. officinalis, B. sexangula, C. decandra, L. littorea, R. apiculata, S. caseolaris, X. granatum.* William và Clay (1982) đã đưa ra hệ số tương quan giữa gradient độ mặn với sự phân bố của 9 loài cây ngập mặn thuộc 5 con sông ở miền Đông-Bắc Queensland. Trong số 9 loài này thì có 4 loài có tương quan thuận, có nghĩa là chúng mọc ở vùng có độ mặn cao và không có ở nơi có độ mặn thấp, đó là các loài *R. stylosa, R. apiculata, S. alba, C. tagal.* Năm loài còn lại *(Heitiera littoralis, Excoecaria agallocha, Acrostichum sp., Aegiceras corniculatum, R. mucronata)* có tương quan nghịch, có nghĩa là chúng có ở cả những vùng độ mặn thấp. Ba loài *(Avicennia sp., Bruguiera gymnorhiza, Xylocarpus granatum)* thì không thể hiện rõ mối tương quan, chúng có thể mọc ở hầu hết các vùng từ nước ngọt cho tới nước biển.

Căn cứ vào khả năng thích nghi với độ mặn theo chiều giảm dần, người ta có thể sắp xếp các loài theo thứ tự như sau: *R. stylosa, R. apiculata, S. alba, C. tagal* > *Aegiceras corniculatum, B. parviflora* > *Excoecaria agallocha, R. mucronata, Acrostichum sp., Heritiera littoralis, Nypa fruticans* > *Barringtonia sp., B. sexangula, S. caseolaris, Hibiscus tiliaceus.* Mặc dù có thể công nhận sắp xếp như vậy nhưng cần nhớ rằng độ mặn của nước triều chỉ là một trong nhiều nhân tố quyết định độ mặn của đất và chính độ mặn ở vùng rễ cây ngập mặn mới ảnh hưởng tới tốc độ tăng trưởng của cây. Bunt (1982) nhấn mạnh rằng độ mặn của nước triều chỉ là một trong nhiều nhân tố tác động tới sự phân bố của thực vật rừng ngập mặn, kể cả đối với những loài có hệ số tương quan có ý

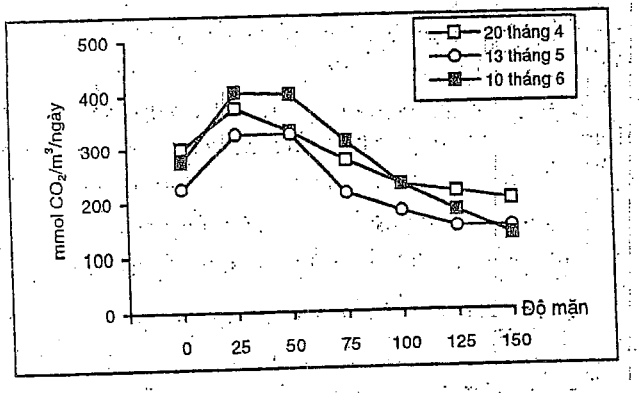
nghĩa. Đối với những loài mà không có tương quan ý nghĩa thì các nhân tố khác tỏ ra quan trọng hơn độ mặn.

Những nghiên cứu thực nghiệm về tác động của điều kiện cực mặn trên hai loài *Avicennia germinans* và *Laguncularia racemosa* ở Mỹ cho thấy mối tác động qua lại về cấu tượng đất với sự chịu mặn của thực vật ngập mặn. Khi trồng các cây con ở các độ tuổi khác nhau (tới 3 năm rưỡi) trên đất có hàm lượng sét khác nhau trong điều kiện độ mặn cao gấp 5 lần nước biển trong 48 giờ, tất cả các phản ứng của chúng được phân tích và lưu trữ lại cẩn thận.

Kết quả nghiên cứu cho thấy sau 48 giờ, cây con Avicennia sống sót được khi độ mặn tới 60% trong cát và nước, nhưng sẽ không thể sống sót được khi độ mặn cao hơn. Trung bình đất có hàm lượng sét 0,7-10% là cây có thể chịu đựng được, nhưng trong điều kiện đất có hàm lượng cát quá cao thì cây không sống được. Mặc dù cơ chế tương tác giữ cấu tượng đất và độ mặn chưa được rõ, nhưng sự giảm pH trong các thí nghiệm cho thấy có mối liên quan tới trao đổi cation. Điều này cho thấy trong đất sét sự trao đổi các ion Na^+ và H^+ có thể làm giảm độ mặn của nước triều xung quanh vùng rễ, và sự hấp thụ các ion Na^+ làm cho các hạt sét giảm sự kết dính. Điều này sẽ làm giảm sự tiếp xúc của rễ với nước cực mặn trong thí nghiệm, do đó nó tạo điều kiện cho việc hút nước đồng thời làm giảm hút muối (hình 21).

1.6. Độ cao mực nước

Độ cao mực nước là một phức hợp các nhân tố xác định trạng thái nước của đất. Tuy nhiên cũng cần nhấn mạnh rằng: mực nước thường chỉ đề cập đến lớp nước trên cùng của khối nước chuyển động tự do phía dưới. Đối với các loại đất sét, tính lọc thấp, tốc độ dòng chảy sâu và ngang, tính thấm đều thấp, nhưng khả năng giữ nước cao. Đất sét có thể bão hòa nước ở một độ sâu nào đó. Tuy



Hình 21. Ảnh hưởng của độ mặn tới năng suất quang hợp của mắm biển (A. marina) (độ mặn nước biển = 100%)

Nguồn: P.N. Hồng và các cộng sự, 1997.

nhiên, sẽ không có nước tràn vào khi khoan một lỗ ở đất sét đã đạt mức bão hòa, trong khi ở đất cát và đất mượn thì nước nhanh chóng dồn lại và ở nơi lỗ khoan có đầy nước. Xác hữu cơ thực vật trong đất, lỗ cua, động vật đất có thể làm dễ dàng cho dòng chảy bề mặt cũng như nước ngầm.

Chapman (1938) đã tìm ra mối tương quan gần như tuyến tính giữa nước triều và mực nước ngay cả khi không ngập triều cũng như chuyển động của mực nước bằng cách cắm một ống nhựa vào sâu trong đất và đo mực nước được tích tụ trong đó. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy nước triều là nhân tố quan trọng nhất xác định chiều cao mực nước, và dao động mực nước xảy ra lớn nhất ở vùng có rừng ngập mặn, tiếp theo là vùng đầm lầy mặn và sau cùng là vùng trồng phi lao. Mưa rào cũng làm tăng mực nước, nhưng giảm đi khá nhanh vì nước đôi khi chỉ nằm trên bề mặt mà ít ngấm xuống dưới.

Các kết quả nghiên cứu còn cho thấy cả nước mưa và nước biển có thể nằm trên bề mặt đất tới một vài ngày khi mà mực nước nằm dưới bề mặt đất được duy trì vài cen ti mét. Điều này chứng minh cho giả thuyết của Chapman (1938, 1960) cho rằng ngay cả khi đất bị ngập nước triều thì không khí vẫn có thể nằm ở vùng rễ cây bởi vì nó được giữ lại trong các túi nhỏ ngay dưới bề mặt đất. Tuy nhiên, khi mực nước tràn lên trên bề mặt, đặc biệt khi nước triều cường thì chúng không tuân theo giả thuyết của Chapman nữa.

Trong những loại đất có nhiều vỏ động vật thân mềm và lỗ cua sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho các dòng chảy ngang. Một số vấn đề cần quan tâm nữa là: 1) mưa rào có tác động lớn đến việc dồn mặn xuống sâu dưới đất, 2) sự bốc hơi nước nằm trên bề mặt đất là nhân tố quan trọng trong cân bằng mặn tổng hợp, và 3) nếu một vùng bị ngập nước triều mà không thấm xuống thì sự ngập triều không phải lúc nào cũng thêm muối mới mà có thể hòa tan muối đã kết tinh nằm trên bề mặt đất. Các điểm này đã được trình bày ở phần độ mặn đất. Đối với đất sét thì độ mặn đất được xác định chủ yếu bởi các quá trình xảy ra trên bề mặt.

Vai trò sinh thái học của độ cao và dao động mực nước vẫn chưa được nghiên cứu sâu. Nhân tố điều khiển toàn bộ quá trình này là phức hệ triều-độ cao đất, nó điều khiển sự phân bố thực vật qua tần số ngập và phơi bãi, tác động cơ học của nước triều và độ mặn. Sự vận động của mực nước, độ thoát nước và thông khí liên quan với phức hệ triều-độ cao đất trong việc lý giải sự phân bố thực vật.

Thông thường, trong thời kỳ đất không ngập triều, dòng nước ngầm di chuyển muối rồi đổ lại vào kênh rạch và khi nước triều lên thì sẽ hòa tan và như vậy lại làm giảm độ mặn. Khi mưa rào thì muối cũng không ngấm sâu trong đất mà nó lại bị hòa tan ngay trên lớp bề mặt, đặc biệt được tăng cường gần các hang cua. Vai trò

của sự vận động mực nước, đặc biệt là sự vận động theo chiều ngang rất quan trọng góp phần vận chuyển các chất dinh dưỡng phân hủy từ xác hữu cơ thực vật mang đến các vùng rễ cây ngập mặn.

Một số tác giả cho rằng vai trò sinh thái của mực nước (dòng chảy nước ngầm) vẫn còn chưa rõ, sự dao động mực nước chưa phải là nhân tố quan trọng trong việc giải thích sự phân bố thực vật rừng ngập mặn trong phức hệ vùng ven biển mà chúng chỉ đóng góp vào việc rửa mặn và chu trình dinh dưỡng. Tuy nhiên, theo quan điểm thích nghi trong môi trường ngập nước thiếu ô xy thì cùng với chế độ ngập và thoát nước, mực nước gần với bề mặt tạo cho các cây ngập mặn có được ưu thế cạnh tranh với các loài thực vật khác không có những đặc tính thích nghi như vậy lại muốn chiếm lĩnh môi trường này.

1.7. Đất

Chất đất trong một quần xã rừng ngập mặn phụ thuộc vào rất nhiều các quá trình địa mạo và địa chất. Sự thay đổi mực nước biển hoặc sự xói lở có thể tác động trực tiếp đến rừng ngập mặn, đồng thời liên quan tới sự thay đổi tính chất của trầm tích, tác động tới tăng trưởng và phát triển của thực vật. Các quần xã rừng ngập mặn phát triển tốt nhất trong môi trường bãi bồi có che chắn phía ngoài. Sự nâng cao dần bề mặt trầm tích liên quan đến tác động của mực nước biển và làm thay đổi dần dần tính chất của đất. Tuy nhiên, ở những vùng ven biển thường xuyên bị ngập lụt hoặc xói lở thì sự thay đổi này diễn ra khá nhanh. Điều này hoàn toàn phụ thuộc vào địa lý vùng ven biển và lịch sử địa mạo của chúng.

Chúng ta có thể nhận dạng dễ dàng hai loại đất vùng triều chính là: đất trầm tích do phù sa, phong hóa từ đá mẹ và loại đất bồi vùng châu thổ. Loại đầu thường thấy ở nơi trầm tích được tích

tụ trên những nền đá san hô hóa thạch, hình thành nên các dải bờ hẹp chạy dọc theo sông. Sự ổn định của dạng đất phụ thuộc vào nguồn gốc địa mạo. Sự bồi tụ hay xói lở có thể là một quá trình diễn biến theo chu kỳ, theo mùa hoặc liên tục trong các thể nền trầm tích. Bão lớn có thể làm thay đổi một dạng đất nào đó.

Trong một môi trường khí hậu-thủy triều cụ thể nào đó, mỗi loài cây ngập mặn có đặc điểm thích ứng sinh lý nhất định đối với điều kiện môi trường. Lịch sử bề mặt đất và các quá trình địa mạo hiện tại cùng xác định bản chất bề mặt đất mà cây ngập mặn đang tồn tại. Các thuộc tính của thể nền như: độ ẩm, kết cấu, độ mặn, thành phần hóa học thể hiện chức năng của các quá trình địa mạo trong quá khứ và hiện tại. Các cây ngập mặn phản ánh mỗi một đặc tính địa mạo này bằng sự thích ứng với gradien môi trường về độ cao đất, độ thoát nước, độ ổn định, tính chất đất và nguồn cung cấp dinh dưỡng mà mỗi đặc tính này tạo ra.

Căn cứ vào sự thích ứng sinh lý của các loài, chẳng hạn như đối với độ ẩm hoặc độ mặn hoặc cả hai, thì điều này sẽ ít nhiều lý giải mức độ thích hợp của sự tăng trưởng thực vật trong một môi trường nhất định. Như vậy, đặc tính đất và các quá trình địa mạo tác động đến sự khác nhau về tăng trưởng, hình thái và trao đổi chất của các cây ngập mặn theo các gradient môi trường.

Mặc dù sự phát triển của rừng ngập mặn thể hiện tính chất lịch sử các quá trình địa mạo khu vực, nhưng nó cũng biểu thị kết quả tác động của đặc tính của đất khu vực đó. Theo quan điểm sinh thái học, các nghiên cứu mối quan hệ đất với cây ngập mặn sẽ cung cấp những thông tin trực tiếp về tăng trưởng và phát triển hơn là những phân tích lịch sử (địa mạo). Điều này không phủ nhận các nghiên cứu địa mạo.

Mối quan hệ giữa đất và cây ngập mặn hết sức phức tạp, điều đó còn tùy thuộc vào khả năng của mỗi loài có thể mọc được trên

các thể nền khác nhau, thông qua sự hình thành và biến đổi trầm tích. Các cây ngập mặn thường thích nghi khá rộng đối với các thể nền khác nhau, bao gồm: bùn, cát, ngay cả trên đất có đá hoặc san hô, chỉ cần rễ bám vào được là có thể phát triển.. Tuy nhiên các hệ sinh thái rừng ngập mặn phát triển tốt nhất trên đất bùn sét mềm hoặc bùn cát, đất dễ thoát nước và thông khí.

Một mặt, thành phần và cấu trúc đất có thể ảnh hưởng tới độ mặn. Mặt khác, sự thích ứng của cây ngập mặn lại tác động tới độ mặn. Hàm lượng chất dinh dưỡng trong đất cũng đóng một vai trò quan trọng trong mối quan hệ đất-cây. Hàm lượng này phản ánh thành phần hóa học của đá mẹ, nước bao quanh, khả năng dinh dưỡng mà chúng phụ thuộc nhiều vào loại đất và các hoạt động phân hủy vi sinh vật trong đất.

Hai nhân tố dinh dưỡng thực vật chính là nitơ và phốt pho do các quá trình phân hủy vi sinh vật tạo nên. Các chất này có tác động quyết định đối với tăng trưởng thực vật. Trong môi trường ngập mặn, nitơ được sinh ra trong các quá trình phân hủy xác hữu cơ thực vật trong đất cũng như các quá trình cố định đạm từ N_2 trong khí quyển. Đạm được làm giàu nhờ các hoạt động của nấm và vi khuẩn, quá trình này được gọi là "ammonia hóa". Chúng là nguồn đạm trực tiếp, nhưng quan trọng hơn là chúng cung cấp năng lượng cho vi khuẩn nitorít mà khi có mặt ô xy nó ô xy hóa ammonia thành nitorít . Nitorít này lại bị ô xy hóa thành các nitơ rát nhờ nhiều nhóm vi khuẩn nitorít. Toàn bộ quá trình này được gọi là " nitorít hóa".

Các kết quả nghiên cứu rừng ngập mặn ở Florida (Mỹ) cho thấy trình tự các hoạt động cố định đạm ở các môi trường khác nhau được xếp theo thứ tự: bùn không có cây < bùn có cây < mô rễ của các loài *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*. Hầu hết các quá trình cố định đạm đều do

vi khuẩn có khả năng quang hợp thực hiện. Sự có mặt của một quần thể vi sinh vật cố định đạm xung quanh rễ có thể là một nhân tố quan trọng trong suốt giai đoạn đầu của sự phát triển rừng khi mà còn ít các xác hữu cơ thực vật và nguồn đạm còn bị hạn chế. Hơn nữa, một khi quần thể này được thành lập thì tỉ lệ cố định đạm đủ cung cấp cho nhu cầu dinh dưỡng đạm đối với các quần xã cây ngập mặn.

Cùng với nguồn nước ngọt được cung cấp trong mùa mưa, hàm lượng phốt pho tăng lên trong một thời kỳ ngắn ở các cửa sông. Chúng không nằm trong các cột nước mà hòa tan vào trầm tích và dạng hạt lơ lửng như phốt phát sắt chẳng hạn. Trong điều kiện thiếu ô xy ở các lớp nước mặt hoặc do hoạt động của vi sinh vật, phốt phát sắt lại bị phân hủy vào trong các cột nước. Hoạt động của vi sinh vật trong việc hấp thu và giải phóng phốt phát phụ thuộc vào nhiệt độ và sự trao đổi phốt phát giữa trầm tích và cột nước. Như vậy, trầm tích trong rừng ngập mặn có khả năng tách phốt phát hòa tan khỏi lớp nước trên và kết tủa lại. Sau đó thì chúng được lông hút rễ cây hấp thụ, các hạt trầm tích càng mịn thì khả năng giữ phốt phát càng lớn. Điều này sẽ góp phần giải thích tại sao các quần xã rừng ngập mặn trên trầm tích mịn như ở các bãi bùn châu thổ thường phát triển tốt hơn.

Một số tác giả cho rằng có một lượng đáng kể nitrát và phốt phát được tách ra từ nước biển cung cấp cho các quần xã rừng ngập mặn. Quá trình giải phóng các chất dinh dưỡng từ lớp nước triều trên mặt cùng với việc giải phóng NO_3 từ các chất hữu cơ trong đất là cơ chế chính duy trì nguồn dinh dưỡng trong đất rừng ngập mặn.

Lugo (1976) đã sử dụng mô hình toán nghiên cứu thích ứng của quần xã rừng ngập mặn nam Florida (Mỹ) đối với chu trình và nguồn dinh dưỡng. Trong mô hình này tác giả đã trình bày tác động qua lại giữa nguồn dinh dưỡng và thực vật ngập mặn hình

thành chất hữu cơ thông qua quá trình quang hợp. Sản lượng tổng số bao gồm một phần được cây sử dụng trong quá trình hô hấp, một phần tích lũy lại trong quá trình tăng sinh khối, còn lại là xác hữu cơ thực vật phân hủy trên sàn rừng. Xác hữu cơ có thể được xuất khẩu từ rừng ra ngoài cửa sông nhờ nước triều. Một số xác hữu cơ được tiêu thụ tại chỗ do các sinh vật ăn thực vật, một số được phân hủy hoặc tích lũy dưới dạng than bùn. Quá trình phân hủy có thể xảy ra trong nước triều, hoặc trên sàn rừng khi triều rút.

Sự phân hủy xác thực vật trong hệ thống rừng ngập mặn lại là nguồn dinh dưỡng cho quá trình quang hợp, bên cạnh các nguồn dinh dưỡng khác từ nước mưa, nước chảy mặt từ thượng nguồn xuống, nước triều và trầm tích, trong đó dòng nước từ thượng nguồn xuống là quan trọng nhất. Mô hình đã mô tả một số chất dinh dưỡng không sử dụng và đi ra khỏi hệ thống, phần còn lại được hấp thu trong quá trình quang hợp, đi vào các chu trình tổng hợp. Mô hình này rất có giá trị khi sử dụng số liệu thực địa đối với nhiều công thức, nhiều biến và các dòng trong hệ thống như đầu vào và đầu ra của nguồn dinh dưỡng, không sử dụng hoặc xuất khẩu dưới dạng mùn bã.

Mô hình này đã thể hiện được độ nhạy cảm cao của nguồn dinh dưỡng, chẳng hạn như khi đầu vào hệ thống dinh dưỡng bằng 0 thì sinh khối rừng ngập mặn giảm đi đáng kể. Sự suy giảm thể hiện cả ba quá trình: sinh khối, quang hợp tổng số và nguồn dự trữ dinh dưỡng. Điều này cho thấy các quần xã rừng ngập mặn phụ thuộc rất nhiều vào nguồn dinh dưỡng trong đất. Quá trình phân hủy trong rừng và đầu vào dinh dưỡng từ nước biển dường như là không đủ để duy trì trao đổi chất do bị mất trong quá trình xuất khẩu mùn bã. Lugo (1976) cho rằng nguồn dinh dưỡng từ dòng chảy đất mang tới lớn gấp 10 và 20 lần nước biển trong mùa khô và mùa mưa, và quang hợp tổng số rất nhạy cảm đối với dòng dinh dưỡng từ trên

đưa xuống. Sinh khối rừng ngập mặn phụ thuộc rất nhiều vào lượng chất dinh dưỡng và hiệu quả đồng hóa các chất này. Nếu nguồn dinh dưỡng này giảm đi thì năng suất cũng giảm đi.

Số liệu nghiên cứu so sánh tác động của nguồn dinh dưỡng đối với *Rhizophora mangle* ở 2 hòn đảo ở Florida (Mỹ), một có nguồn dinh dưỡng cao, một dinh dưỡng thấp hơn, cho thấy ở nơi có nguồn dinh dưỡng cao thì tốc độ tăng trưởng cao hơn cả về số lượng lá, cành, thân. Cây hình thành rừng sớm hơn và có thêm một mùa tăng trưởng mà ở vùng dinh dưỡng thấp không có. Thường ở những vùng có lượng mưa cao, giàu dinh dưỡng từ thượng nguồn đổ về vùng ven biển sẽ tạo điều kiện cho rừng ngập mặn phát triển.

Sinh khối rừng ngập mặn tương quan thuận đối với phốt pho (ở dạng có thể hấp thu được); tương quan nghịch đối với độ mặn của đất. Hàm lượng trung bình của phốt phát là: 5-20%, và hàm lượng ammonium là 4,6-7,3%. Thông thường, cây tăng trưởng tốt trên đất được làm giàu đạm ammonium và đạm cần cho mọi loại đất nhưng phốt phát chỉ cần bón thêm cho những vùng có hàm lượng ít hơn 5 %, nơi đất đã nâng cao. Vai trò của phốt pho rất quan trọng tác động tới năng suất sơ cấp cây ngập mặn. Thường các loại đất ven biển có hàm lượng phốt pho thấp, có nơi thấp 0,1-5%.

1.8. Nguồn nước ngọt

Nguồn nước ngọt tác động tới sự phát triển của rừng ngập mặn là một điều không còn nghi ngờ gì nữa. Thực tế cho thấy rừng ngập mặn phát triển rất tốt dọc theo ven biển những vùng có lượng mưa cao. Những nghiên cứu về sinh khí hậu cũng cho thấy mối tương quan này. Các dẫn liệu cho thấy tác động của nguồn nước ngọt từ nước mưa, hoặc từ sông đổ ra có vai trò rất quan trọng tới sự phân bố các loài. Tuy nhiên cũng có một số tác giả nghi ngờ điều này

khi giải thích ở một số đảo tuy lượng mưa rất lớn nhưng khu hệ thực vật rừng ngập mặn lại không như mong muốn do chúng còn phụ thuộc vào những nhân tố khác nữa. Các tác giả cũng cho rằng kích thước vùng lưu vực cũng liên quan tới vấn đề này.

Đặc tính của lưu vực, cũng như lượng mưa trung bình cùng tác động lên thành phần thực vật ngập mặn ở những vùng ven biển khác nhau. Một số tác giả đã kiểm tra lượng mưa, kích thước vùng lưu vực, và tác động của gradien độ mặn vùng thượng lưu thì thấy dòng chảy, nhiệt độ và độ bốc hơi của vùng lưu vực cũng đóng một vai trò rất quan trọng. Hệ số dòng chảy mặt có mối tương quan với lượng mưa trung bình năm. Ở những vùng lòng chảo có lượng mưa cao, hệ số dòng chảy mặt trung bình, thì lưu vực ít nhiều duy trì được việc điều tiết nước ngọt quanh năm.

2. MỐI TƯƠNG TÁC GIỮA THỰC VẬT VỚI THỰC VẬT

Như bất kỳ một quần xã thực vật nào khác, thực vật rừng ngập mặn cũng có những mối tác động qua lại lẫn nhau bằng nhiều hình thức. Mặc dù còn rất ít công trình nghiên cứu về những vấn đề này, người ta ngày càng thừa nhận tầm quan trọng của những nghiên cứu mối tương tác giữa thực vật với thực vật trong quần xã rừng ngập mặn, bởi vì sẽ không thỏa đáng nếu chỉ giải thích sự phân bố và phát triển của rừng ngập mặn chỉ bằng mối tương tác của chúng với môi trường lý hóa. Một số mối tương tác giữa thực vật với thực vật được coi là nhân tố quan trọng trong việc xác định cấu trúc và chức năng quần xã thực vật ngập mặn. Đó là các mối quan hệ ký sinh, cộng sinh và cạnh tranh...

2.1. Ký sinh

Trong mối quan hệ này, thực vật ký sinh lấy thức ăn dinh dưỡng từ cây chủ, có thể gây hại hoặc không làm ảnh hưởng nhiều tới cây chủ. Chẳng hạn như cây 'dây tơ xanh' thuộc họ

Loranthaceae. Mặc dù chúng vẫn có khả năng quang hợp, chúng thường vươn cao trên các đỉnh cây, tán lá, chích vào hệ thống mạch của cây chủ để lấy nước và dinh dưỡng, nhưng không làm chết cây chủ, mà chỉ làm ảnh hưởng tới tốc độ tăng trưởng, làm cong các cành và tán lá.

Một số loại nấm ký sinh có thể gây tác hại lớn đối với tán lá và rễ cây ngập mặn. Thông thường cây chủ có thể lấy lại được sự cân bằng, nhưng đôi khi cũng làm chết cây chủ. Chẳng hạn như: một loài ký sinh thuộc chi Phytophthora thường gây thương tật và đôi khi làm chết cây mắm biển *Avicennia marina*. Thông thường loại nấm này làm nhiệm vụ phân hủy xác lá thực vật, nó có mặt ở hầu hết các quần xã cây ngập mặn. Nhưng nó cũng là tác nhân gây bệnh khi tấn công vào rễ của cây chủ. Trong trường hợp này rễ cây ngừng hoạt động hoặc hoạt động kém hiệu quả, làm cho nước dễ dàng xâm nhập và cuối cùng là gây ra cái chết cho cây chủ.

Việc nấm gây chết đối với loài *Avicennia maria* đã dẫn đến sự thay đổi về thành phần loài ở một nơi nào đó. Chẳng hạn như ở một số vùng ven biển, hầu hết rừng Avicennia marina thuần loại bị tác động thường không có cây lớn, mà thay vào đó là *Rhizophora stylosa* ở những nơi mà cây *Avicennia marina* đã chết. Như vậy sự ưu thế của *Rhizophora stylosa* đã xảy ra do kết quả tác động của nấm trong một thời gian khá ngắn.

2.2. Cản sinh

Mối quan hệ cản sinh là sự thể hiện quá trình tăng trưởng của một cây này bị cản trở bởi một cây khác bằng cách tạo ra những điều kiện bất lợi ngược lại do tiết ra các chất độc, các chất cản sinh hoặc tác động tới sinh sản. Thường các chất này là các hợp chất hóa học được tiết ra từ chồi và rễ.

Độ mặn và mực nước xác định kiểu phân bố của các loài, nhưng các nhân tố phụ cũng góp phần tác động tới sự phân vùng

thực vật. Chẳng hạn, với các loài có cùng khả năng chịu mặn và thông thường sẽ hình thành kiểu rừng hỗn giao, nhưng đôi khi lại chỉ có một loài tồn tại. *Sarcocornia quinqueflora* rất ít thấy trong vùng rừng ngập mặn, mặc dù chúng vẫn có thể phát triển được trong độ mặn, mực nước triều tương tự các cây ngập mặn khác. Giống như đối với trường hợp cây phi lao con Casuarina glauca không phát triển được ngay trong vùng Casuarina.

Một số tác giả đã ngâm nước và dầm để chiết xuất vỏ và lá *Avicennia* và *Casuarina* thì không thấy bất kỳ một chất kìm hãm tăng trưởng nào. Họ cũng không tìm thấy bất kỳ chất gây độc nào khi phân tích xác lá cây thảm mục nằm trên mặt đất. Tỉ lệ sống và tăng trưởng của cả *Casuarina glauca* và *Juncus maritimus* bị cản trở là do sự có mặt của lớp xác thực vật Casuarina trên mặt đất. Các tác giả kết luận rằng trong các quần xã thực vật ở Sydney gặp những khó khăn về mặt vật lý do lớp thảm mục Casuarina gây ra cho quá trình nảy mầm và tăng trưởng chứ dường như không phải do ảnh hưởng của các chất gây độc thực vật.

Tuy nhiên, hình như đối với các loài cây ngập mặn càng ở gần vùng nhiệt đới thì các chất gây độc, kìm hãm tăng trưởng càng có ý nghĩa lớn. Các hợp chất tanin loại catechole cũng như một loạt các hợp chất khác đều có rất nhiều trong vỏ, gỗ và lá của nhiều loài cây ngập mặn. Chẳng hạn như các chất brugine được tìm thấy trong thân và vỏ cây *Bruguiera sexangula, B. exarista, B. cylindrica*, và hợp chất saponin triterpenoidal được tìm thấy trong rễ cây *Acanthus ilicifolius*. Các chất làm 'bả' đánh cá lấy từ vỏ, rễ và thân các loài cây *Barringtonia, Thespesia* và *Derris*. Các hợp chất này đều rất hoạt tính về mặt sinh lý, đều có khả năng điều chỉnh hoặc cản trở quá trình tăng trưởng. Tuy nhiên các kết luận này mới chỉ dựa trên các kết quả trong phòng thí nghiệm, mà chưa có những nghiên cứu chi tiết trên thực địa.

2.3. Tương hỗ

Tương hỗ là sự hợp tác của những cá thể thuộc những loài khác nhau sẽ tạo ra khả năng sinh sống và sinh sản tốt hơn so với sống riêng rẽ. Có rất nhiều hiện tượng tương hỗ trong giới sinh vật, nhưng trong rừng ngập mặn thì chỉ có một số, tập trung trong mối quan hệ giữa cây xanh với vi sinh vật. Một số loài bì sinh có lợi khi sống trên cây ngập mặn, nhưng cây ngập mặn liệu có lợi gì khi có mặt thực vật bì sinh thì vẫn chưa được làm rõ.

Có bốn loại quan hệ tương hỗ giữa cây với vi sinh vật, hầu hết nằm ở vùng lông hút của rễ cây, nơi tập trung các hoạt động của vi sinh vật. Bằng các hoạt động trao đổi chất, nấm và vi khuẩn có thể làm thay đổi vi môi trường, tạo ra các chất dinh dưỡng, tác động đến pH của đất. Ngược lại, khu hệ vi sinh vật dường như phụ thuộc vào các chất hữu cơ trong vùng rễ. Có rất nhiều loại nấm kết hợp rất đặc trưng với rễ cây ngập mặn tạo thành một phần của khu hệ thực vật vùng rễ. Các quần hợp nấm có tên là mycorrhiza. Trong một số trường hợp, đó là những nấm đơn bào sống bên trong các tế bào rễ, được gọi là 'endomucorrhizae', nhưng rất nhiều trường hợp nấm phủ lên các đầu rễ xuyên sâu vào các khoảng gian bào của phần vỏ, được gọi là 'ectomucorrhizae'. Mucorrhizae thường gặp trong đất rừng và đầm lầy giàu chất hữu cơ, đôi khi cũng có ở các đụn cát nghèo chất dinh dưỡng với vai trò làm dễ dàng cho khả năng cung cấp phốt pho từ quá trình khoáng hóa bề mặt các hạt cát. Chúng làm dễ dàng cho sự vận chuyển P, K và Ca vào trong rễ và sự vận động các chất trao đổi từ rễ tới các tế bào nấm.

Các nốt sần ở rễ có ba loại quan hệ tương hỗ. Chi vi khuẩn Rhizobium hình thành nên các nốt sần cố định đạm có ở hầu hết các cây họ đậu Leguminosae. Các cây họ đậu có nốt sần sinh trưởng mạnh hơn các cây không có nốt sần trên đất nghèo dinh dưỡng. Ở vùng đất ngập mặn ở tình trạng nghèo đạm thì nốt sần

đóng vai trò quan trọng, đặc biệt đối với *Cynometra iripa* và *Derris trifoliata*.

Một loại vi sinh vật khác cũng hình thành nốt sần ở rễ thực vật bậc cao là chi vi khuẩn hoạt tính Frankia. Ngoài ra còn có chi Casuarina cũng hình thành nốt sần. Đối với *Casuarina glauca* mọc trên vùng đất phía trên sát với rừng ngập mặn, các nốt sần có ý nghĩa rất lớn.

Loại nốt sần ở lá cũng có sự tham gia của vi sinh vật thường thấy ở trên 400 loài thuộc các họ thực vật bậc cao như Rubiaceae và Myrsinaceae. Chúng phát triển trên lá xuyên qua các lỗ khí hình thành các khoang chứa dọc theo mép lá . Các nốt sần ở lá cũng có khả năng cố định đạm, và cũng liên quan tới quá trình tổng hợp chất cytokinin.

Người ta đã tìm thấy nốt sần vi khuẩn trên lá một số loài cây ngập mặn ở Mỹ như *Laguncularia racemosa*. Trong số các cây ngập mặn thì *Lumnitzera recemosa* và *L. littorea* thuộc họ Combretaceae có các tuyến nhỏ hoặc 'mụn' nhỏ trên lá. Các tuyến này có hình thoi làm thành các khoang nằm dưới biểu bì có chức năng giống như các loại nốt sần khác. Bên cạnh đó, *Aegiceras corniculatum* và *Scyphyphora hydrophyllacea* thuộc họ Myrsinaceae, Rubiaceae cũng có những nốt sần vi khuẩn trên lá, điều này sẽ rất lý thú nếu nghiên cứu chi tiết. Việc nghiên cứu mối quan hệ tương hỗ sẽ rất thú vị trong việc nâng cao năng suất cũng như ý nghĩa to lớn về mặt sinh thái học trong mối quan hệ giữa cây ngập mặn và vi sinh vật.

2.4. Cạnh tranh

Cạnh tranh thường thể hiện giữa các cây ở cạnh nhau có cùng nhu cầu sử dụng lượng tử ánh sáng, ion, dinh dưỡng khoáng, phân tử nước hoặc khoảng không gian. Căn cứ vào khái niệm này thì chỉ

có một cơ chế là một cây có thể làm giảm mức tăng trưởng của cây bên cạnh bằng cách thay đổi môi trường theo hướng bất lợi. Bởi vậy, cạnh tranh là ngược nghĩa với tương hỗ.

Khả năng cạnh tranh của một cây là một chức năng về diện tích, hoạt động và phân bố theo không gian và thời gian nơi cung cấp nguồn dinh dưỡng cho cây, và như vậy nó phụ thuộc vào sự phối hợp của cây bao gồm các cơ quan dự trữ, chiều cao, bề rộng tán, hiện tượng học, tỉ lệ tăng trưởng, khả năng thích ứng với các điều kiện bất lợi...Một số tính chất này đã được thảo luận trong chương thích nghi, đó chính là sự thay đổi một loạt các tính chất đặc biệt giúp cho việc thích nghi có hiệu quả với môi trường đặc biệt.

Nói một cách khác, các thực vật đều có xu hướng vươn ra càng rộng càng tốt. Nếu chúng thích nghi hơn các loài khác thì thường thể hiện ở các mặt như khả năng tăng trưởng ở các bộ phận trên hoặc dưới mặt đất làm cho các cây khác kém thích nghi hơn. Trong môi trường rừng ngập mặn, hầu hết các loài thực vật đều có xu hướng phân bố rộng. Tuy nhiên do điều kiện môi trường khác nhau, đặc biệt là các nhân tố nước, độ mặn, dinh dưỡng và ánh sáng, ranh giới giữa các quần xã được thể hiện bằng các loài ưu thế, các loài này thường là kết quả trực tiếp của sự cạnh tranh.

Ngay cả trong các quần xã, thành phần loài cũng được xác định hoặc chí ít cũng bị ảnh hưởng bởi mối quan hệ cạnh tranh giữa các loài thành viên. Chẳng hạn như, trên một transect vùng rừng ngập mặn vùng vịnh mang tên công chúa Chalotte (Úc), người ta thấy rằng sự phân bố của *Ceriops* và *Avicennia* chồng lấn nhau trên một vùng rộng lớn. Trong khoảng từ 0 - 55 mét thì điều kiện môi trường khá thích hợp cho cả hai loài và chúng cạnh tranh lẫn nhau. Từ khoảng 60 mét lên phía trên thì điều kiện không còn thích hợp nữa, số lượng cá thể của cả hai loài đều giảm. Các loài này đều có

khả năng thích nghi giống nhau về độ mặn, độ ngập nước nên đã tạo ra mối tác động cạnh tranh như vậy. Người ta cho rằng cần xem xét hiện tượng cạnh tranh trong khả năng thích nghi của thực vật, chính điều này cũng xác định cấu trúc và thành phần loài của thực vật.

Có hai loại nhân tố ngoại lai tác động đến tỉ lệ sống của cây. Đầu tiên là "sốc", nó bao gồm các nhân tố hạn chế năng suất quang hợp như thiếu nước, ánh sáng, dinh dưỡng hoặc nhiệt độ không thích hợp. Loại thứ hai là "đảo lộn", nó bao gồm các nhân tố liên quan tới sự phá hủy các mô thực vật, như hoạt động của dịch bệnh, sâu ăn lá, con người và các hiện tượng tự nhiên như gió, sương giá, lửa và xói lở...

Về mặt số lượng, các loài có độ nhiều và phân bố rộng là *Avicennia marina*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora stylosa*, *Aegiceras corniculatum* và *Ceriops tagal* hình như đó là sự kết hợp giữa "sức chịu đựng và khả năng thích nghi" giúp chúng một mặt chịu đựng được trong những điều kiện bất lợi, mặt khác khai thác những điều kiện thuận lợi có hiệu quả. Trong nhóm này *Avicennia marina* hình như là loài được nghiên cứu sâu nhất. Nó có khả năng mọc được trên hầu hết các môi trường, khi gặp điều kiện bất lợi chúng thích ứng bằng cách giảm tỉ lệ tăng trưởng và điều chỉnh tăng trưởng. Điều này rất có ý nghĩa liên quan tới mối tác động qua lại cạnh tranh giữa *Avicennia* và *Ceriops*. Đây là hai loài có cùng khả năng chịu đựng đối với một số điều kiện môi trường, thực chất chúng luôn luôn cạnh tranh lẫn nhau. Tương tự như vậy, *Acanthus* và *Aegiceras* cũng là một cặp cạnh tranh, nếu nghiên cứu sâu trên những vùng chúng cùng phân bố.

Chúng ta sẽ cảm thấy ngạc nhiên khi cho rằng các loài *Excoecaria agallocha*, *Xylocarpus spp.*, *Lumnizera racemosa* và *Osbornia octodona* có xu hướng tăng trưởng chậm ở những vùng

đất cao nhưng đều là thay lá hoặc nửa thay lá. Chúng tạo nên tán mới trong một thời gian rất ngắn ở những thời gian thích hợp trong năm. Số lá của tán cũng thay đổi tùy năm và điều này phản ánh điều kiện sống có thích hợp hay không cho giai đoạn ra lá của chúng, có nghĩa là những loài này thích ứng rất nhanh đối với những điều kiện thuận lợi hoặc bất lợi hay còn gọi là " thích nghi cao".

Xét theo khía cạnh cạnh tranh, hầu như tất cả các loài đều có sức chịu đựng trung bình đối với sốc mặn. Nhóm " chịu sốc" bao gồm tất cả các loài có tuyến tiết muối (*Acanthus, Avicennia* và *Aegiceras*). Người ta cho rằng có rất ít mối liên quan giữa khả năng chịu độ mặn cao trong đất và việc xuất hiện tuyến tiết muối. Tuy nhiên, tuyến tiết muối có giá trị cạnh tranh trong những điều kiện cực kỳ bất lợi, khi mà độ mặn trong đất vọt lên trong một thời gian ngắn. Người ta cũng không thấy mối liên quan giữa các chiến lược này đối với khả năng chịu ngập hoặc một số thay đổi của rễ. Tuy nhiên, giữa chúng có một mối liên hệ nhỏ, điều này có thể do bản chất ngập và đất yếm khí.

Những nét hình thái, giải phẫu và sinh sản là những đặc trưng đóng góp vào sự thích nghi thành công của một loài nào đó, bên cạnh một số nét về tăng trưởng, đặc biệt là thời kỳ ra lá và sức sống của chúng. Tuy nhiên, các quá trình sinh lý vẫn có một tầm quan trọng đặc biệt giúp các cây thích nghi với môi trường và chiến thắng trong cuộc cạnh tranh đối với các cây khác.

3. MỐI TƯƠNG TÁC GIỮA THỰC VẬT VỚI ĐỘNG VẬT

Mối quan hệ tương hỗ giữa thực vật ngập mặn và động vật rất đặc trưng là cây, kiến, bướm, một số loài mối và đặc biệt là một số loài động vật đục khoét mà vai trò của chúng trong các hoạt động sống và phân hủy sẽ được nghiên cứu trong chương này.

3.1. Xáo trộn trầm tích

Một ví dụ điển hình nhất cho mối quan hệ này là hoạt động của cua và tôm hùm bùn trong việc xáo trộn trầm tích rừng ngập mặn. Tôm hùm bùn (*Thalassina anomala*) đào những đường hầm lớn trong đất rồi đưa một khối lượng bùn đất khá lớn lên trên mặt, xung quanh lỗ hang luôn có lớp đất bùn mới cao tới 75 cm. Các hang này có hình chữ U sâu tới 1,5 m dưới mặt đất. Lối vào cửa hang thường được bít kín bằng lớp bùn mới trong ngày, nhưng ban đêm lại mở ra và chúng đi ra ngoài ăn các lớp bùn trên bề mặt.

Việc đào hang của loài động vật này mang lại nhiều hiệu quả, đặc biệt là làm thay đổi đặc tính bề mặt đất do được xáo trộn. Thông thường loại đất được mang lên bề mặt có nhiều chất hữu cơ và pyrit, giảm sun-phát mạnh và sự có mặt của FeS. Lớp bùn mới này được ô xy hóa trên bề mặt hình thành lớp bùn có độ chua cao (đất sun phát a xít). Hàm lượng sun-phua sẽ dần dần giảm đi và vùng này trở nên rất thích hợp cho nhiều loài cây phát triển. Trong rừng *Rhizophora, Bruguiera* thì trên miệng các ụ đất cao của tôm hùm bùn thường xuất hiện các bụi cây ráng (*Acrostichium spp.*).

Các hang do loài tôm hùm bùn đào bới giúp cho sự trao đổi, thoát nước trên và dưới bề mặt, bùn đất được luân chuyển và quá trình ô xy hóa diễn ra liên tục. Khi các sun phít bị ô xy hóa thành các sun-phát sẽ tạo điều kiện cho cây ngập mặn phát triển.

Một loại động vật đào hang nữa cũng có tác động tương tự, nhưng qui mô nhỏ hơn đó là các loại cua, cá thoi loi (*mud-skippers*) và cua bùn (*Scylla serrata*) đều tạo điều kiện cho đất được thoát nước, thông khí.. giúp cho quá trình tăng trưởng của cây..

3.2. Ăn lá

Lá cây ngập mặn chứa một số lượng khá lớn chất khoáng, vi ta min, a xít amin, prôtít, chất béo và sợi, đó là nguồn dinh dưỡng tốt cho các loài động vật ăn thực vật. Thực chất người ta thấy rằng khi

cho trâu bò ăn lá đước đỏ *Rhizophora mangle* thì sản lượng sữa tăng. Bởi vậy, các loài trâu, bò, dê, cừu, lạc đà rất thích ăn lá cây ngập mặn. Ở các vùng rừng ngập mặn ở miền Bắc và miền Trung thì lá cây *Kandelia candel* là nguồn thức ăn khá tốt cho trâu bò. Ở Úc một số loài động vật như trâu, kan gu ru cũng ăn lá cây ngập mặn. Nhưng thông thường nhất vẫn là các loài sâu bọ. Rìa mép các lá cây *Avicennia, Bruguiera, Rhizophora, Ceriops,* và *Heritiera* đều thấy các vết lá do sâu bọ ăn, hoặc bị xé rách.

Các loài cua thuộc họ Grapsidae cũng ăn các lá rụng. Head (1969) đánh giá là các loài động vật ăn lá tiêu thụ trung bình vào khoảng 5,1 % tổng lượng lá cây ngập mặn ở Florida, hoặc 0-8% tùy theo từng loại lá. Loài cua (*Aratus pisonii*) ăn lá đước có nơi đạt tới 0,4 - 7,1 % tổng diện tích lá. Các hoạt động này rất có ý nghĩa trong phân hủy vật lý (bẻ vụn xác thực vật), xuất khẩu và tái chu trình các chất hữu cơ. Khoảng 1/5 sản phẩm lá thực vật được tiêu hóa qua dạ dày động vật ăn lá rồi đi vào chuỗi thức ăn phân hủy.

Nhiều tác giả cho rằng có hơn 100 loài sâu bọ trên một đảo nhỏ có rừng ngập mặn ở vịnh Florida, và các quần thể này được hồi phục rất nhanh (khoảng 1 năm) sau khi xử lý cây rừng bằng methyl bromide. Thông thường, tổng số các loài sâu bọ ít nhiều được giữ ở mức cân bằng, mặc dù số lượng mỗi loài có thể thay đổi tùy năm.

Tính chất đa dạng và kích thước các quần thể sâu bọ ăn lá có một ý nghĩa quan trọng đối với cấu trúc, chức năng của các quần xã rừng ngập mặn. Để kiểm tra lại giả thuyết này, Onuf (1977) đã làm thí nghiệm trên hai hòn đảo ở Florida (Mỹ); một hòn đảo có các sân chim, cò, do đó có rất ít sâu bọ, hòn đảo thứ hai thì không có sân chim nên sâu bọ khá phát triển. Tác giả đã tìm ra vai trò của sâu bọ gồm 5 loài bướm ăn lá và chồi, đặc biệt là loài sâu đục thân (*Poecillips rhizophorae*) đục các trụ mầm cây con trước khi từ cây

mẹ rụng xuống. Kết quả cho thấy sự thiệt hại do sâu bọ là rất lớn (25 % tổng diện tích lá bị mất).

Sự khác nhau giữa hai vùng này biến mất khi đàn chim di cư theo mùa rời khỏi tổ. Mối quan hệ giữa sân chim góp phần làm giàu chất dinh dưỡng và thiệt hại do sâu bọ chứng minh cho mối quan hệ hết sức phức tạp trong các rừng ngập mặn. Tuy nhiên, những tổ cò trắng (*Threskiornis molucca*) và dơi ăn hoa quả (*Pteropus alector* và *P. conspicillaus)* có thể nâng cao độ dinh dưỡng cho đất, nhưng đồng thời cây cối lại bị chim đậu gãy nát.

Hiện nay người ta còn biết rất ít tới cơ chế làm thế nào lá cây ngập mặn có thể tự bảo vệ khỏi bị sâu bọ ăn lá. Hầu hết các lá ngập mặn đều có hàm lượng ta nanh cao góp phần làm giảm vị ngon của chúng. Mép lá cây ô rô (*Acanthus*) đều có gai và chứa hợp chất saponin tạo cảm giác không ngon miệng đối với động vật ăn lá. Lá của một số loài cây tràm *Melaleuca* mọc trên các đầm lầy kế bên rừng ngập mặn có chứa tinh dầu có đặc tính chống lại sự ăn lá của ấu trùng bướm gypsy (*Lymantia dispar*). Loài cây giá *(Excoecaria agallocha*) có nhựa mủ độc nên ít thấy sâu bọ ăn lá.

Một dạng mối quan hệ qua lại giữa động vật và thực vật khác gây phá hủy tán lá là các tổ chim và kiến dệt cuốn lá. Loại kiến dệt (*Oecophylla smaragdina*) dệt các lá lại làm tổ trong tán cây ngập mặn, đây chính là nơi sâu bọ ẩn trốn kẻ thù. Hơn nữa, đối với các cây họ Đước (Rhizophora) các tổ kiến này lại ngăn cản sự đâm chồi làm ảnh hưởng tới sự phát triển của cây. Tương tự như vậy, các tổ chim, đặc biệt là các loại cò làm gãy các chồi cây trên đỉnh các tán lá, và làm các cây bị uốn cong khi chúng đậu lên.

4. CÁC THỰC VẬT KHÁC TRONG RỪNG NGẬP MẶN

Trong các quần xã rừng ngập mặn, ngoài cây ngập mặn còn có nhiều loại thực vật khác, các loài này làm nên sự đa dạng sinh học của các quần xã rừng ngập mặn. Chúng bao gồm các nhóm thực vật như vi khuẩn, nấm, tảo, địa y bì sinh và một số loài thực vật khác.

4.1. Vi khuẩn

Như đã trình bày trong chương trước, vi khuẩn cùng với nấm tạo nên một thành phần quan trọng trong quần xã rừng ngập mặn. Là những sinh vật phân hủy, chúng đóng vai trò trung tâm về mặt chức năng trong hệ sinh thái này. Số lượng vi khuẩn trong rừng ngập mặn chiếm tỉ lệ khá cao, đặc biệt là trong trầm tích các quần thể vi khuẩn dị dưỡng nhiều gấp 2-3 lớp nước trên mặt, và các quần thể trên nền bùn lớn gấp vài lần trên nền cát. Vi khuẩn ở môi trường ven biển cửa sông cũng thuộc các chi (genera) có trong nước ngọt. Hầu hết các loài này đều có nhu cầu về ion Na. Vi sinh vật biển nhìn chung nhỏ hơn các dạng khác và phần lớn là gram âm. Chúng có thể di động và có roi. Loại Cocci (cầu khuẩn) thường ít hơn dạng que. Nhiều loài sống trên các giá thể bề mặt rắn bằng chất nhầy dính bám. Do đó, vi khuẩn có thể tạo nên một bề mặt mỏng trên mặt bùn tạo điều kiện cho các loài tảo, cỏ biển và cây ngập mặn phát triển.

Cho đến nay có rất ít công trình nghiên cứu về phân loại vi khuẩn trong các quần xã rừng ngập mặn. Tuy nhiên cũng có một số công trình công bố về vấn đề này: Chou (1980) công bố mười loài vi khuẩn trong rừng ngập mặn ở Singapore. Ở hệ thống cửa sông Macqua ri (Úc) người ta đã phát hiện được 12 loài, trong đó có cả vi khuẩn sắt và lưu huỳnh tự dưỡng.

4.2. Nấm

Khu hệ nấm trong rừng ngập mặn nhiều và rất đa dạng, phần lớn là nấm hiển vi, chỉ có một số loài có kích thước lớn. Nấm đóng vai trò quan trọng trong rừng ngập mặn, cùng với vi khuẩn chúng góp phần phân hủy nhanh xác lá thực vật (Fell và cộng sự 1975). Người ta có thể phân loại nấm dựa trên vi môi trường rừng ngập mặn (microhabitat) như: trên tán cây, trên thân, rễ hô hấp và trong

đất, nhưng cũng có một số loài có thể sống được từ hai môi trường trở nên.

Người ta tìm thấy trên lá cây ngập mặn có các loài nấm ký sinh và hoại sinh như: *Ascomycetes, Basidiomycetes và Deuteromycetes*. Fell (1975) cho rằng khi ngâm lá trong nước thì một số loài nấm biến mất và một số khác lại xuất hiện, chỉ có *Pestalotia* có mặt trong suốt quá trình phân hủy. Người ta đã tìm thấy 6 chi nấm có mặt trên lá cây đước đỏ *(R. mangle)* khi còn trên cây: *Cladosporium, Pestalotia, Alternaria, Zygosporium, Penicillium* và *Aureobasidium*.

Cần ghi nhận rằng các chi nấm ký sinh và hoại sinh sống trên lá cây ngập mặn thường gây bệnh cho cây chủ như các chi: Pestalotia, Phyllosticta, Cladosporium, Nigrospora và Cercospora. Kohlmayer (1969) đã công bố một danh mục gồm 31 loài nấm biển và 44 loài nấm trên đất liền có trong rừng ngập mặn. Hầu hết các loài nấm trên đất liền đều có trên lá cây ngập mặn, còn các loài nấm biển thì có trên rễ hoặc phần gỗ ngâm trong nước mặn. Chúng ta có thể dễ dàng nhận thấy loại nấm dị bào tử (nấm vòng) qua kích thước và màu của chúng trên thân và rễ chống của cây ngập mặn còn sống . Trong rừng ngập mặn ở Úc người ta đã tìm thấy 19 loài nấm dị bào tử, nhưng trên thực tế có thể còn nhiều hơn.

Khi cây chết thì gỗ phân hủy tạo điều kiện thuận lợi cho các loại nấm phân hủy phát triển. Leightley (1980) đã thí nghiệm trên 5 loài cây ngập mặn bằng cách phân lập trên đĩa petri trong đó có một loại Ascomycete (*Lulworthia grandispora*) và hai loại nấm bất toàn (*Phialophora* và *Phoma*) là những loại nấm phân hủy đầu tiên trên gỗ. Tỉ lệ phân hủy gỗ khác nhau tùy thuộc vào các chi có mặt, nhưng nhìn chung có thể xếp theo thứ tự: *Excoecaria* > *Avicennia* > *Ceriops* > *Bruguiera* = *Rhizophora*.

Các mẫu gỗ để ngâm trong nước biển có tỉ lệ phân hủy cao hơn những vùng chỉ ngập khi triều cao. Trong trường hợp đầu có các loại nấm biển sau đây tham gia: *Lulworthia grandispora*, *Leptosphaeria australiensis*, *Didymosphaeria rhizophorae*. Trong trường hợp thứ hai có các loại nấm Basidiomycetes (hầu hết là dị bào tử) và vi nấm thuộc các chi Alternaria, Cladosporium, Penicillium, và Trichoderma.

Nấm trong đất rừng ngập mặn có thể phân ra các loại nấm ở trong đất và loại nấm sống trên các mảnh vụn lá trên mặt đất. Cả hai loại này đều phụ thuộc vào lượng chất hữu cơ có trên bề mặt và trong đất.

Đối với lá cây ngập mặn thì nấm là sinh vật phân hủy đầu tiên, nhờ khả năng phân giải cellulose và lignin (thành phần chính trong vách tế bào lá). Fell và Masters (1973) đã nghiên cứu toàn bộ quá trình phân hủy của lá cây ngập mặn và đã phân lập được 66 chi nấm. Khi lá rụng xuống trong tuần đầu tiên đã xuất hiện Phycomycetes bao gồm *Thraustochytrium*, *schizochytrium*, *Phytophtora vesicula*, *P. bahamensis*, *P. epistomium*, *P. mycoparasitica*, *P. spinosa*, ngoài ra còn có *Aspergillus*, *Penicillium*, *Tricoderma*, *Fusarium*, *Curvularia*, *Drechslera*. Sang tuần thứ hai loại nấm biển phân hủy cellulose là *Lulworthia* tấn công các lá phân hủy, và sang tuần thứ ba thì *Zalerion varium* có mặt ở hầu hết các mẫu.

Đa số các loại nấm được phân lập trên lá, gỗ và cây con thường là nấm hoại sinh góp phần phân hủy xác thực vật. Chúng cũng góp phần phân hủy cỏ biển, bùn và đầm lầy mặn. Thường những loài này chịu được điều kiện mặn của rừng ngập mặn, tuy nhiên không phải tất cả. Các loại nấm hoại sinh khác lại có nhu cầu dương tính về NaCl để tăng trưởng, như loài *Phlyctochytrium mangrovis*.

Những công trình mới đây đã phân lập 5 loài Phytophtora chưa được mô tả. Chúng sống trong đất và xác thực vật đồng thời tham gia đầu tiên trong quá trình phân hủy xác lá cây ngập mặn. Trong số đó có một loài là nấm ký sinh tác động lên rễ cây *Avicennia marina* làm cho các lông hút bị thối đen dẫn đến chết cây. Nhưng không phải bất cứ sự gây chết nào cũng là do loại nấm này. Khi phân lập từ các mẫu đất rừng ngập mặn ở châu Phi, người ta thấy vắng mặt Phycomycetes, trừ những mẫu sát trong đất liền, còn Ascomycetes thì ít khi gặp trừ các chi Aspergillus và Penicillium. Còn Basidiomycetes cũng không có mặt. Nhiều loài thuộc Deuteromycetes đặc biệt là Moniliales lại có mặt ở hầu hết các vùng nghiên cứu.

Trong những nghiên cứu khác (Rai 1969) lại thấy có một số Phycomycetes trong đất rừng ngập mặn và là sinh vật phân hủy đầu tiên xác thực vật trên mặt đất, có mặt ở hầu hết các mẫu đất lấy trong rừng ngập mặn. Loại nấm có thể quả lớn như Agaricus, Pholiota, và Inocibe cũng có mặt trong đất rừng ngập mặn.

4.3. Tảo

Hiện nay những công trình nghiên cứu về tảo rừng ngập mặn còn rất ít. Trên thực địa, các loài tảo thường làm thành lớp phủ màu hồng, nâu hoặc lục nhạt trên mặt bùn, rễ chống , rễ thở, vỏ thân (phần dưới). Khác với tảo trên nền đá hoặc san hô, chúng không hình thành nên các vùng rõ ràng mà tùy thuộc vào độ ngập triều. Tuy nhiên, điều kiện thủy triều lên xuống là nhân tố chính tác động tới quá trình tăng trưởng của các loại tảo này, thông qua sự thay đổi độ mặn, nhiệt độ và độ mất nước từ các tản khi triều thấp .

Người ta cho rằng quần xã *Catanella-Bostrychia-Caloglossa* có mặt ở hầu hết các vùng rừng ngập mặn vùng nhiệt đới và á nhiệt đới. Ở một số vùng, tảo xanh lục có trên các rễ thở với loại tảo

xiphon, đặc biệt là *Vaucheria* có trên mặt bùn. Ở một số rừng ngập mặn *Caloglossa* hình thành nên các vùng thuần loại.

Cũng giống như nấm, tảo rừng ngập mặn cũng được phân vùng căn cứ vào vi môi trường của chúng trong quần xã rừng ngập mặn. Tuy nhiên, cũng có loài có thể phát triển từ 2 môi trường trở lên. Các vi môi trường chính là: (1) bề mặt bùn, (2) bề mặt thân cây, rễ và (3) những cành và tán phía trên.

Tảo trên mặt bùn bao gồm cả tảo đơn bào (hầu hết là tảo silic) và tảo đa bào mà chủ yếu là các loài tảo xanh lục. Người ta đã liệt kê khoảng 41 loài tảo sì líc trên mặt bùn các quần xã rừng ngập mặn. Tuy nhiên, các kết quả nghiên cứu hết sức khác nhau tùy thuộc vào địa điểm nghiên cứu, thời điểm và ngay cả kỹ thuật thu mẫu.

Tảo xanh lục có đặc tính làm thành các mảng trên mặt bùn, chủ yếu là các loài *Microcoleus lyngbyaceus, Schizothrix arenaria, S. calciola, S. tennerima*. Các loài tảo sợi này hình thành một lớp mỏng trên mặt bùn mà nếu không có mưa và giữa hai kỳ con nước lớn, mặt đất khô các mảng này nứt ra và uốn cong lên. Khi ngập nước triều chúng lại khôi phục lại, trong vòng 10-15 phút xuất hiện các bong bóng nhỏ cho thấy quá trình quang hợp lại bắt đầu. Các loài Tảo lục lại chiếm ưu thế trong các vùng rừng ngập mặn hướng ra phía biển, chủ yếu là các loài *Monostroma crepidinum* và *Rhizoclonium* trên mặt các bãi bùn.

Tảo bùn hiển vi có tầm quan trọng trong kinh tế đất vì (1) tăng hàm lượng hữu cơ trong đất nhờ quá trình quang hợp của tảo (2) tạo thoáng khí giữa các hạt đất do đó tăng khả năng giữ nước của đất (3) tiết ra các chất nhầy hình thành phức hệ keo (4) trong trường hợp tảo xanh lục dị dưỡng thì làm tăng hàm lượng đạm cho đất nhờ khả năng cố định đạm.

Một số tác giả đã thất bại khi có ý định đi tìm mối tương quan giữa những đặc tính của đất như: pH, hàm lượng Cl, hàm lượng chất hữu cơ, hàm lượng cácbon với sự phân bố của các loài tảo trên các đầm lầy mặn, bởi vì rất khó phân tích hàm lượng chất hữu cơ hoặc các-bon, còn hàm lượng Clo, độ pH thì luôn luôn thay đổi.

Nhìn chung, *Phormidium angustissimum* phát triển tốt nhất và có mặt ở tất cả các đầm lầy mặn, còn *Calothrix crustacea*, *Anabaena torulosa*, *Anacytis marina*, *Gloeocapsa alpicola* lưu thế trong các đầm lầy thấp, chịu được tần số ngập thấp trong các vùng rừng ngập mặn. Bên cạnh các loài tảo hiển vi chỉ có một số ít tảo bùn loại lớn trên mặt bùn cùng với các cây ngập mặn. Thường chúng bị cuốn trôi từ các vùng bờ biển đá, chúng sống bám trên các viên đá nhỏ, vỏ các loại trai sò.... Tuy nhiên, cũng có hai loài *Gracilaria secundata* và *Hormosira banksii* hình thành nên các quần thể bao gồm các cá thể sống không giá bám trong rừng ngập mặn.

Khu hệ tảo bì sinh trên thân, rễ thở, rễ chống có thành phần loài nghèo hơn so với vùng bờ biển có đá. Tuy nhiên, cũng có 94 loài tảo sống bám trên thân, rễ thở, rễ chống và tán cây ngập mặn (Saenger 1977). Các loài Tảo đỏ thường gặp nhất là chi Bostrychia có 11 loài, chi Caloglossa có 4 loài, và chi Catanella có 2 loài.

Tăng trưởng của tảo trên rễ thở và rễ chống trong bóng cao hơn rất nhiều so với ngoài sáng. Hầu hết các loài tảo đều ưa bóng, chỉ có *Enteromorpha clathrata* là ưa sáng. Bởi vậy, tán cây ảnh hưởng nhiều tới sự phân bố, mật độ và sinh khối các loài tảo.

Các loài tảo có mặt trên cành và lá trong đó *Apotococus lobatus* hình thành các mảng màu lục trên các cành *Avicennia marina*, hoặc các chấm màu da cam của *Trentepohlia rigidula* trên thân và cành *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Ceriops*, hoặc các chấm màu lục *Pseudendoclonium submarinum* phát triển rất tốt trên các tuyến

muối của *Avicennia marina* nằm ở bề mặt trên của lá và giữa các lông mặt dưới lá.

Bảng 3: **Số loài tảo sống trên các loại thể nền khác nhau trong rừng ngập mặn ở Úc**

Ngành	Số loài tảo			
	Trên rễ chống và rễ thở	Trên thân (phần thấp)	Trên thân (phần trên) và lá	T ổng số
Chlorophyta	19	6	4	24
Phaeophyta	7	-	-	7
Rhodophyta	55	7	-	55
Cyanophyta	7	1	-	7
Chrysophyta	1	-	-	1
Tổng số	89	14	4	94

Nguồn: Saenger và cộng sự (1977)

Một số loài tảo như *Cladophorella calcicola* là thức ăn cho loài chân bụng *Banbecium auratum*, và các tế bào *Trentepohlia* lại là nguồn thức ăn cho các loài chân bụng thuộc nhóm Littoraria và Cerithidea largillierti.

Ở nước ta, có rất ít công trình nghiên cứu về tảo trong rừng ngập mặn. Loi (1967) đã công bố 7 loài ở ven biển Nha Trang. Trong số 68 loài Thallophyte trong rừng ngập mặn Khánh Hòa có 27 loài *Cyanophyta*, 11 loài *Chlorophyta*, 3 loài *Phaecophyta* và 19 loài Rhodophyta. Hầu hết các loài Tảo đỏ đều sống bám trên rễ chống, rễ thở, trên thân cây ngập mặn và cỏ biển, trong khi các loài Tảo xanh, Tảo lục sống trên bề mặt bùn, bùn cát và nền đá.

4.4. Địa y

Những nhân tố ảnh hưởng tới tăng trưởng và phát triển của cây ngập mặn cũng đồng thời xác định mức độ có mặt của các loài địa y trong thảm thực vật rừng ngập mặn. Địa y bao gồm một loại nấm hình thành nên một giá thể mà trên đó có tảo lục, xanh lục và vàng lục phát triển. Thành phần chính của địa y là một trong 3 chi tảo:

Trebouxia, Trentepohlia hoặc Nostoc. Một số chi địa y điển hình bao gồm: Renicina, Parmotrema, Ramalina và Teloschistes.

Hầu như toàn bộ các loài địa y có trong rừng ngập mặn đều có mặt trong rừng nội địa. Khi nghiên cứu địa y trên vỏ cây ngập mặn dọc theo ven biển, Stevens (1979) đã liệt kê được 56 loài trong vùng nhiệt đới, 77 loài trong vùng á nhiệt đới và 45 loài trong vùng ôn đới ấm. Tổng số có 104 loài địa y, có một số loài xuất hiện ở 2 vùng trở lên.

Ở các vùng ven biển, sự phân bố các loài này thay đổi theo vĩ độ. Sự có mặt của địa y ở một vùng nào đó cũng còn tùy thuộc vào các nhân tố thể nền và khí hậu. Những điều kiện về ánh sáng, độ ẩm, gió, độ mặn, cấu trúc vỏ (nhẵn hay ráp) , độ pH của vỏ và thành phần hóa học sẽ cung cấp môi trường thuận lợi hay không đối với tăng trưởng và phát triển của địa y. Đặc tính của vỏ cũng là tác nhân chính xác định loại địa y sống trên đó. Ở một số nơi, cây *Avicennia marina* có vỏ thân khá nhẵn nhưng không có loại địa y to mặc dù điều kiện khí hậu khá thích hợp.

Mặt khác, bề mặt vỏ thô ráp lại dễ dàng giữ lại các bào tử địa y, nhiều nước và dinh dưỡng đồng thời lại được bảo vệ tốt hơn. Các quần xã cây ngập mặn ở sát mép biển chịu ảnh hưởng của gió mặn, cát bay cũng là nhân tố ảnh hưởng tới sự cố định địa y trên các bề mặt thân nhẵn của *Avicennia marina*. Trong khi đó, trên thân của *Rhizophora* lại là nơi cư trú của nhiều loài địa y trên bề mặt vỏ thô ráp mặc dù có những yếu tố bất lợi về gió mặn và cát bay.

Khi điều tra khu hệ nấm, Stevens (1979) đã chia các quần xã rừng ngập mặn thành 3 loại môi trường, mỗi loại tương ứng với từng quần hợp địa y. Khi rừng ngập mặn khép tán (cây cao 10-13m) cũng giống như đối với rừng mưa nhiệt đới có độ ẩm cao (lượng mưa trên 1500mm/năm), tán khép, thì hầu hết các quần hợp địa y gồm chủ yếu các chi Pannaria, Leptosium, Coccocarpia và Collema đều có tảo xanh lục, chỉ có Physma Relicina có 8 loài chứa tảo lục.

Ở các vùng ven biển cận nhiệt đới hầu hết các cây chỉ cao 5-10m (lượng mưa 1000-1500 mm/năm), tán mở, thấp, ánh sáng mặt trời vẫn rọi tới thân và cành tạo nên các vùng vi khí hậu khô hơn loại rừng khép tán. Quần hợp địa y trong các vùng này bao gồm chủ yếu các loài chịu sáng, nhiệt độ cao và độ ẩm thay đổi. Các chi đó bao gồm: Ramalina, Usnea, Teleochistes, Dirinaria, Pyxine, Heterodermia và Parmotrema. Ở những vùng biên độ nhiệt thấp hơn, các loài phổ biến bao gồm: *Physcia tribaciodes, Parmotrema reticulata, Physciopsis adglutinata.*

Ở một số vùng ven biển có khí hậu bất lợi, cây bụi, nhỏ thấp, lượng mưa thấp (800-1000 mm/năm), độ mặn trong đất cao, chỉ có một số loài phát triển được trong điều kiện như vậy, nhưng *Ceriops tagal* và *Excoecaria agallocha* lại tạo điều kiện cho địa y phát triển đa dạng nhất. Một quần hợp địa y thích nghi với điều kiện nhiệt độ cao, ánh sáng mạnh, độ ẩm thấp bao gồm: *Teloschites flavicans, Parmotrema robustum, P. parahypotropum, Ramalina exiguella, R. aff fecunda, R.ff. leiodea, R. boninensis* và *R. disparata.*

4.5. Bì sinh

Khác với ký sinh, thực vật bì sinh không có mạch dẫn nối với cây chủ. Có hai loại thực vật bì sinh, loại thứ nhất mọc rễ trên đất, lấy nước và dinh dưỡng từ đất, sau đó lấy cây ngập mặn làm giá đỡ để leo lên. Loại thứ hai là thực vật bì- khí sinh, rễ cây trên không trung, chúng phụ thuộc vào lượng nước mưa, sương được giữ lại ở nách lá hoặc các tế bào chết trên bề mặt rễ và trên xác mùn thực vật phân hủy để đáp ứng nhu cầu dinh dưỡng. Rừng ngập mặn là nơi cung cấp những điều kiện thuận lợi về nhiệt độ, độ ẩm, tán che cho hầu hết các cây bì sinh phát triển.

Phần lớn các cây bì sinh trong rừng ngập mặn hình thành một hay nhiều mối quan hệ tương hỗ với kiến. Thực vật bì sinh là nơi làm tổ, trú ngụ để kiến sống trong đó, mặt khác cây lại tận dụng nguồn dinh dưỡng từ các chất mùn có trong tổ kiến. Mối quan hệ kiến-thực vật có thể tìm thấy ở các cây: *Dischidia, Hoya* và một số

loài thuộc họ Lan (*Orchidaceae*). Mối quan hệ này đặc biệt quan trọng trong môi trường nghèo dinh dưỡng.

4.6. Thực vật trong khu vực chuyển tiếp rừng ngập mặn với nội địa

Có một số lượng lớn các loài cây gỗ và cây bụi mọc trên các vùng đất chuyển tiếp rừng ngập mặn với nội địa. Quần xã chuyển tiếp này bao gồm các nhóm: (1) chỉ có ở vùng chuyển tiếp (2) có cả ở một vài vùng khác và (3) phân bố rộng ở mọi nơi. Trong nhóm 1 gồm các loài: *Cerbera manghas, Cleodendron inerme, Hibiscus tiliaceus, Thespesia populnea, Diospiros littorea, D. ferrea var. geminata* và *Intsia bijuga* hình thành nên một vùng chuyển tiếp giữa rừng ngập mặn và rừng mưa ở Papua New Guinea và một số nơi khác ở Đông Nam Á. Nhóm hai gồm các loài thực vật trên bãi cát, san hô, đầm lầy nước lợ hoặc nội địa, chúng bao gồm: *Pemphis acidula, Myoporum acuminata, Melaleuca quinquenervia, M. cajeputi, Casuarina glauca*.. Nhóm thứ ba thường không phải là những loài cây ngập mặn nhưng phát triển trong giới hạn của vùng triều: *Canthium latifolium, Flagellaria indica, Maytenus emarginata, Melaleuca acacioides, M. leucadendron, M. stenostachya, M. viridiflora, Premna acuminata, Strychnos lucida,* và *Terminalia subacropta*. Thực tế cho thấy số lượng loài cũng như sự phân bố của chúng tuỳ thuộc rất nhiều vào vị trí địa lý khu vực.

Chương 5
ĐỘNG VẬT RỪNG NGẬP MẶN

Khu hệ động vật rừng ngập mặn phản ánh sự phức tạp của hai loại môi trường (1) môi trường vùng triều bùn biển được che chắn và (2) vùng đất nội địa. Ở những vùng á nhiệt đới, cây ngập mặn cao không tới 10m, nhưng ở những vùng nhiệt đới cây rừng thường cao, có nhiều tầng và hình thành các đới khá rõ. Khu hệ động vật nội địa phân bố chủ yếu ở khu vực tán rừng, còn khu hệ động vật biển thì phân bố chủ yếu trên thể nền và phần thấp của cây rừng. Thành phần khu hệ thứ ba (phần này không nhiều) thuộc nước ngọt nằm dọc theo giới hạn trên phía đất liền của rừng ngập mặn.

Trong hai thành phần khu hệ động vật chính lại được phân nhỏ ra. Chẳng hạn như khu hệ động vật nội địa thì bị hạn chế tới khu vực tán, nguồn nước ngọt, tần số ngập, thay đổi khí hậu về lượng mưa, thoát hơi nước và kiểu thủy triều. Tất cả các nhân tố này quyết định sự cung cấp nước và phân bố theo thời gian ở những thời điểm khó khăn cho cả các loài thường trú và di trú.

Đối với khu hệ động vật biển, sự phân vùng theo chiều thẳng đứng từ đường triều thấp đến cao và tới thân cây thể hiện sự thích ứng theo chu kỳ ngập triều và kiểu thoát nước. Các yếu tố này có thể bị biến dạng do hệ thống kênh rạch trong rừng ngập mặn. Sự thích nghi về mặt hình thái, sinh lý và tập tính đối với sự mất nước của cơ thể phụ thuộc phần lớn vào độ ngập triều mà ở đó một loài cụ thể có thể sống được.

Sự phân bố của động vật có thể thay đổi trong một chu kỳ triều hoặc trong suốt vòng đời của chúng. Cũng giống như động vật trên

cạn. sự phân bố của động vật biển có thể được xác định bằng sự phân vùng rừng ngập mặn. Chẳng hạn như. rễ chống của *Rhizophora* và bạnh gốc của *Bruguiera* có thể cung cấp một diện tích bề mặt hoặc nơi trú ẩn lớn hơn so với thân cây *Avicennia*. Mật độ của rễ thở và tổng các xác thực vật phân hủy sau khi đốn cây nằm trên sàn rừng có thể đóng một vai trò quan trọng cho các loài đục thân và sống trên gỗ bằng cách cung cấp nơi bảo vệ che chắn. Các hạt trầm tích nhỏ có xu hướng lắng đọng lại xung quanh các bạnh gốc lớn như *Bruguiera*, các loài giun nhiều tơ thường có mật độ khá lớn trong những loại trầm tích đó. Tương tự như vậy, trầm tích hạt mịn hình thành xung quanh các ụ tôm hùm bùn *Thalassina* là nơi tập trung rất nhiều giun nhiều tơ. Như vậy có thể nói bất kỳ sự phân vùng nào của *Thalassina* cũng nói lên các loài giun nhiều tơ sống trên các ụ của nó. Trong vùng *Avicennia marina* và trầm tích mà nó giữ lại sẽ là nhân tố quan trọng xác định loài giun nhiều tơ nào sống trong loại rừng ngập mặn này.

Mật độ cây con và diện tích tán cũng là nhân tố quan trọng đối với các loài sống trên mặt bùn. Sự phân bố các loài còn phụ thuộc vào khả năng thích ứng về biến độ địa lý của loài được thể hiện trong suốt vòng đời của chúng. Ấu trùng cua lính (Mystylis) sống trong vùng rừng ngập mặn và cỏ biển, nhưng khi trưởng thành lại sống ở những bãi bùn phía ngoài. Gradient độ mặn dọc theo một con sông cũng xác định loài nào lên vùng thượng nguồn; cũng như độ mặn ảnh hưởng tới sự phân bố của rừng ngập mặn. Điều kiện ngập, lượng mưa theo mùa ảnh hưởng lớn đến sự dao động độ mặn (từ 0 đến 37 o/oo). Lưu lượng nước trong sông thấp cũng tác động đến nguồn dinh dưỡng, mùn bã hữu cơ thấp, độ mặn cao làm hạn chế tới sự phân bố khu hệ động vật. Cho đến nay vẫn chưa có nhiều công trình nghiên cứu ảnh hưởng của điều kiện nhiệt độ và độ dài

ngày tới sự phân bố động vật mặc dù ảnh hưởng của chúng tới sự sinh đẻ của động vật đã được biết khá rõ.

Sự dao động theo mùa và năm của động vật rừng ngập mặn cũng khá rõ, đặc biệt là các loài có ấu trùng phát triển ngoài biển khơi và chết nhiều ngay sau khi đẻ. Nhiều loài thân mềm cũng xuất hiện theo mùa, đặc biệt là ở các môi trường có biển và san hô. Mặt khác, những thiên tai như lụt, bão làm cho gẫy cây, cành, đảo lộn trầm tích cũng tác động đến khu hệ động vật, nhưng còn rất ít công trình nghiên cứu về những vấn đề này. Việc đào đắp các kênh dẫn, tưới tiêu nước, chuyển đổi mục đích sử dụng đất rừng ngập mặn cũng ảnh hưởng lớn tới khu hệ động vật vùng ven biển.

Những điều kiện địa lý khu vực ảnh hưởng nhiều tới phân bố khu hệ động vật rừng ngập mặn. Chẳng hạn như khu hệ động vật ở các đảo nhỏ có rừng ngập mặn khác với vùng bờ biển rộng. Vẫn chưa có một công trình nghiên cứu nào đề cập đến vấn đề bao nhiêu diện tích rừng ngập mặn là nhỏ nhất cần thiết để duy trì một quần xã động vật có thể sống được. Tất nhiên, rừng ngập mặn càng lớn thì càng có thể đảm bảo được những điều kiện cần thiết cho các loài động vật vượt qua được những điều kiện bất lợi.

1. THÀNH PHẦN ĐỘNG VẬT RỪNG NGẬP MẶN

Cũng giống như đối với khu hệ thực vật, động vật rừng ngập mặn bao gồm một tập hợp các loài động vật không xương sống và có xương sống có nguồn gốc từ các môi trường đất liền, biển và nước ngọt. Macnae (1968) cho rằng rừng ngập mặn là một vùng liên triều thể hiện một sự chuyển tiếp từ biển vào đất liền và như vậy hệ động vật cũng thể hiện tính chất này. Phần lớn các loài động vật thủy sinh và thể nền đều có nguồn gốc từ biển mà rừng ngập mặn được coi như một tuyến đường cho các loài động vật biển tiến

vào đất liền. Do đó, hầu như rất nhiều loài có khu phân bố vượt qua giới hạn thông thường của chúng bước vào một loạt các môi trường khác nhau. Tuy nhiên cũng có một số loài chỉ có trong rừng ngập mặn.

Có thể phân chia hệ động vật rừng ngập mặn thành các nhóm loài thường trú và tạm trú. Khác với các loài thường trú có mặt thường xuyên trong rừng ngập mặn, các loài tạm trú chỉ sống trong rừng ngập mặn một phần trong vòng đời của chúng, như các loài chim đến rừng ngập mặn kiếm ăn và trú đông, một số loài cá, tôm cua đến kiếm ăn và tìm nơi bảo vệ khi nước triều lên cao...

1.1. Động vật trên cạn

Đối với các loài động vật trên cạn, rừng ngập mặn cung cấp một môi trường phụ, hoặc hình thành một hành lang hay cầu nối giữa các loại môi trường, cung cấp nơi đẻ, làm tổ hoặc nơi kiếm ăn trong mùa di cư. Mặc dù không phải là môi trường chính của động vật trên cạn nhưng rừng ngập mặn lại rất quan trọng do những yếu tố sau đây:

Số sinh vật trên cạn cạnh tranh và địch hại sống trong rừng ngập mặn ít hơn so với các khu vực rừng lân cận, đặc biệt là trong khi làm tổ, đậu và mùa sinh đẻ.

Cây rừng ngập mặn, xác hữu cơ thực vật phân hủy, các loài sinh vật phân hủy trên sàn rừng...là nơi cung cấp nguồn thức ăn dồi dào, đặc biệt là vào các thời kỳ bất lợi trong năm, kể cả nguồn mật hoa.

Các loài động vật trên cạn cũng dễ kiếm nguồn thức ăn phong phú từ các loài động vật biển không xương sống trong rừng ngập mặn.

1.1.1. Động vật có xương sống

Các nghiên cứu về động vật có xương sống trong rừng ngập mặn còn rất ít, nếu có thì mới chỉ tập trung vào các loài tạm trú, di cư như: chim, động vật có vú và bò sát.

Động vật có vú

Những loài động vật thường gặp trong rừng ngập mặn bao gồm: chuột nước (*Hydromys chrysogaster*), Chuột đồng (Rattus sordidus), chuột nhắt (*Mus muculus*), chuột cây, lợn rừng, dơi, cáo, khỉ... Ở Việt Nam, Ha (1980) đã công bố 17 loài động vật có vú trong rừng ngập mặn miền Nam, nhưng số lượng đã giảm đi nhiều do săn bắn và môi trường sống bị suy giảm do rừng bị thu hẹp.

Một trong những loài động vật có vú quí hiếm còn sót lại trong rừng ngập mặn ở Úc là loài chuột bụng trắng (*Xeromys myoides*) mới đây đã được tìm thấy trong khu rừng ngập mặn *Avicenia marina và Rhizophora stylosa* phía bắc Queensland. Chúng lấy lá xây tổ trong các hốc bạnh gốc của cây ngập mặn. Thức ăn của chúng chủ yếu là cua và sống leo trèo trên cây.

Chim

Chim có mặt ở hầu hết các loại rừng ngập mặn. Thời gian kiếm ăn chủ yếu khi nước triều rút để lộ các bùn mềm với nguồn động vật vùng triều rất dồi dào. Người ta đã thống kê được hơn 200 loài chim có trong rừng ngập mặn. Trong số đó có 14 loài chỉ có ở rừng ngập mặn, 20 loài sử dụng rừng ngập mặn như môi trường đầu tiên trong vòng đời của chúng, 60 loài sử dụng môi trường này quanh năm hoặc theo từng mùa thích hợp (Saenger 1977). Một số chim

hút mật chỉ đến rừng ngập mặn vào mùa ra hoa. Có thể nói khu hệ chim ở đây khá phong phú so với các môi trường khác.

Bảng 4: **Số lượng chim nước đếm được trong tháng 3/1988 tại khu bảo vệ đất ngập nước Ramsar, Xuân Thủy (Nam Hà)**

Số chim	Tên địa phương	Tên khoa học
300	Cò bợ	*Ardeola bacchus*
850	Cò ngành nhỏ	*Egretta garzetta*
500	Diếc xám	*Ardea cinrrea*
500	Vịt đầu vàng	*Anas penelope*
100	Mòng két mày trắng	*A. querquedula*
1000	Choắt	*Limosa limosa*
300	Choắt mỏ cong	*Numenius arquata*
110	Choắt chân đỏ	*Tringa totonces*
250	Choắt xốp	*T.nebularia*
70	Gié giun đất	*Calidris temuirostris*
750	Mòng biển chân đỏ	*Carus ridibundas*
600	Mòng biển chân vàng	*Chlidonias hybrida*
95	Cò ruồi	*Bubulcus ibis*
150	Cò ngàng lớn	*B. alba*
32	Cò thìa	*Platalea minor*
2500	Mòng két	*A. crecca*
400	Vịt mỏ rộng	*A. clypeata*
30	Choắt mỏ cong	*L. lapponica*
1500	Choắt chân đỏ	*Tringa erythropus*
300	Choắt chân đỏ	*T. stagnatilis*
130	Giẽ giun	*Gallinago gallinago*
230	Giẽ giun đất	*Limocola falcinelhes*
200	Mòng đầu đen	*L. saudersi*

Nguồn: L.D. Duc (1989).

Ở Việt Nam, môi trường rừng ngập mặn hết sức quan trọng đối với các loài chim di trú vào mùa đông. Chỉ riêng ở đồng bằng sông Cửu Long có 386 loài chim, trong đó có 73 loài chim di trú (Qui 1984). Hiện nay có 3 sân chim lớn trong rừng ngập mặn Cà Mau với hàng trăm loài chim và dơi, trong đó sân chim Ngọc Hiển rộng.

130 ha có 67 loài chim, sau đó là Vĩnh Lợi 18 ha và Tân Hưng 13 ha, ở rừng ngập mặn Cần Giờ cũng có 37 loài chim (N.Đ Tuân, P.N. Hồng 1995, chưa công bố).

Rừng ngập mặn ở Giao Thủy được công nhận là khu bảo tồn chim nước *(Ramsar)* trong vùng đất ngập nước ven biển Giao Thuỷ (Nam Định). Trong khu bảo tồn này cũng có 145 loài chim trong đó có rất nhiều loài chim di trú mà cò thìa *(Platalea minor)* là một trong những loài còn sót lại có số lượng rất ít đang được thế giới quan tâm bảo vệ. Người ta đã đếm được 21.000 con chim nước trong tháng 3/1988 (Duc 1989).

Trong một số rừng ngập mặn ở Đông Nam Á, Mỹ và Úc có rất nhiều loài chim đặc hữu (chỉ có ở vùng rừng ngập mặn), đa số chúng có nguồn gốc từ rừng mưa, việc nghiên cứu tiến hóa trong việc chuyển tiếp môi trường sẽ rất thú vị. Chẳng hạn như loài diệc *(Butorides striatus)* là loài đặc hữu trong các rừng ngập mặn miền Nam, phân bố xung quanh vùng Sydney. Ngoài ra còn có chim hút mật *(Meliphaga fasciogularis)* và chim bói cá *(Halcion chloris)* rất thường gặp trong rừng ngập mặn.

Bò sát

Các loài trăn gió *(Phyton molorus bivittatus)*, trăn gấm *(P. reticulatus)* và rắn lục cườm *(Chysoplea ternata)* thường gặp trong các rừng ngập mặn miền Nam nước ta. Ngoài ra còn có rắn ri đá *(Homalopses buccata)*, cạp nong *(Bungarus fasciatus)*, hổ đất *(Naja naja atra)*. Ở Úc và Tân Tây Lan lại có hai loài trăn *(Liasis fuscus và L. olivaceus)* sử dụng môi trường rừng ngập mặn như một vùng ngoại vi để kiếm ăn và sinh sống. Ở các vùng rừng ngập mặn ở miền Nam nước ta kỳ đà nước *(Varanus salvator)* là loại bò sát rất thường gặp trong hầu hết các cánh rừng ngập mặn ở Cà Mau, các tỉnh đồng bằng sông Cửu Long và Cần Giờ. Một số loài rắn nước *(Cerberus rhynchop)*, rắn nước nhỏ *(Morelia spilotes)* sử

dụng rừng ngập mặn là nơi kiếm ăn và che chở, thường gặp ở hầu hết các rừng ngập mặn trên thế giới.

1.1.2. Động vật không xương sống.

Nhóm động vật không xương sống trên cạn sống trong rừng ngập mặn chỉ có sâu bọ và nhện. Phần lớn các loài trong rừng ngập mặn cũng có thể gặp ở các vùng xung quanh.

Sâu bọ

Rừng ngập mặn với cây rừng, xác hữu cơ thực vật phân hủy, hệ thống rễ chống, rễ thở, cành lá cây gỗ mục .. là môi trường lý tưởng cho sâu bọ phát triển. Kỹ thuật thu thập mẫu sâu bọ trong đối với rừng mưa tỏ ra không thích hợp khi áp dụng trong rừng ngập mặn, điều này có thể giải thích tại sao có rất ít nhà côn trùng học đi sâu nghiên cứu. Một số công trình nghiên cứu chỉ tập trung vào các đối tượng như mối, muỗi có giá trị về mặt kinh tế và chữa bệnh.

Mối là nhóm quan trọng trong rừng ngập mặn nhiệt đới. Người ta xác định được 3 loài *(Neotermes insularis, Cryptotermes secundus, và C. domesticus)* thường có trong các vùng rừng ngập mặn (Saenger, 1977). *Cryptotermes domesticus* chỉ xuất hiện trong vùng *Ceriops tagal*, loài này cũng phân bố rộng ở Đông-Nam Á và Thái Bình Dương cả ở môi trường tự nhiên và nhân tạo. *Cryptotermes secundus* và *Cryptotermes primus* được phát hiện trong rừng *Rhizophora* và *Avicennia*. Loài mối thường gặp trong những vùng rừng ngập mặn gần nội địa là *Nasutitermes graveolus* chúng xây tổ ngay trên thân và cành. Loài *Mastotermes darwiniensis* trong vùng Ceriops, có thể chịu được dưới mức triều cao.

Để tìm cách phòng và trị bệnh lây lan và độc hại do muỗi gây ra có khá nhiều công trình nghiên cứu về muỗi trong rừng ngập

mặn. Ở các hồ đầm lặng nước phía sau rừng ngập mặn thường là nơi tập trung nhiều muỗi hơn những nơi nước được thay đổi luôn (nước chảy). Ở các vùng nhiệt đới, vòng đời của muỗi từ khi đẻ trứng tới lúc trưởng thành trong vòng 1 tuần. Các đầm nước trong rừng ngập mặn là môi trường lý tưởng cho muỗi sinh trưởng và phát triển. Ở Việt Nam có 2 loài truyền bệnh sốt rét chủ yếu ở rừng ngập mặn đều thuộc chi *Anopheles*. Bọ gậy của chúng sống trong các vũng nước lợ có nồng độ muối 3 - 31‰ .

Ở các vùng rừng ngập mặn ở Đông Nam Á và châu Úc, trong rừng ngập mặn cũng tồn tại 3 loài muỗi *Anopheles* khác là *Anopheles amictus hilli* đẻ trong nước ngọt, *Anopheles annulipes* đẻ trong nước lợ theo mùa và *Anopheles fairauti* đẻ trong các đầm nước mặn, chứa nhiều xác hữu cơ thực vật và nước triều lên xuống. Môi trường rừng ngập mặn rất thích hợp cho loài này phát triển.

Các loại muỗi khác cũng thường gặp trong rừng ngập mặn là: *Aedes vigilax*, *A. alternans*, và *Culex sitiens*. Phân bố của *Aedes vigilax* chủ yếu ở vùng ven biển đặc biệt là vùng đất thấp trong rừng ngập mặn, ngoài ra cũng có thể gặp loại này ở các môi trường khác (Saenger, 1977). *Aedes vigilax* đẻ trứng vào trong nước, vùng nước này phải tù đọng, và trực tiếp nhận ánh sáng mặt trời. Ánh sáng đảm bảo cho sự tăng trưởng của tảo phù du là nguồn thức ăn cho ấu trùng của muỗi.

Tỉ lệ muỗi đẻ cao nhất trong các tháng hè, mùa mưa ẩm ướt, chỉ trong mười ngày là đủ thời gian cho ấu trùng phát triển thành muỗi trưởng thành. Khi nhiệt độ thấp thì sẽ giảm tỉ lệ đẻ và kéo dài thời gian của giai đoạn ấu trùng. *A. alternans* phát triển ở các vùng cửa sông, sinh đẻ ở cả các đầm lầy nước ngọt và nước mặn, sau 7 ngày trứng sẽ nở thành ấu trùng. *A. alternans* thường cùng với *Aedes vigilax* có mặt ở các vùng ven biển, đặc biệt là ấu trùng của *A. alternans* lại có tập tính ăn thịt ấu trùng các loài muỗi khác. Các

con trưởng thành bay rất khỏe, chúng đốt rất đau, mật độ nhiều nhất khi xẩm tối, có khi ngay cả ban ngày. *Culex sitiens* thì đẻ trứng ở các hang cua, đầm lầy rừng ngập mặn, bãi cỏ ẩm.

Ruồi nhuế (còn gọi là con dĩn) thuộc họ *Ceratopogonidae*, chúng có khoảng 20 loài sống trong rừng ngập mặn, thuộc các chi *Culicoides, Dasyhea, Forcipomyia và Stilobezzia*. Ấu trùng của các loài này là một phần của vi hệ động vật thể nền trên mức triều trung bình. Các con trưởng thành là nguồn thức ăn quan trọng cho dơi, chim và các loài động vật khác. Trong rừng ngập mặn cũng có rất nhiều bộ sâu bọ như: *Blattodea, Orthoptera, Hemiptera, Coleoptera, Diptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Neuroptera, Homoptera*, và *Isoptera*, các nhóm này cực kỳ nhiều về số lượng ấu trùng cũng như cá thể trưởng thành.

Trong rừng ngập mặn cũng có các loại chuồn chuồn như *Valanga irregularis* kiếm ăn trên tán cây ngập mặn, còn *Coptotettis masticatus* kiếm ăn trên mặt bùn ngập mặn. Ở các rừng ngập mặn cũng gặp khá nhiều loài châu chấu. Hutchings và Recher (1974) đã liệt kê 14 loài sâu bọ thuộc bộ hai cánh *(Diptera)* trong rừng ngập mặn có cả ở 2 dạng kí sinh và bay lượn tự do. Một số loài *Diptera* như *Melanagromyza avicenniae* thường cắn chồi non, còn ấu trùng của *Copidita nigronotata* thì đục gỗ thân cây, một số khác thì chuyên đục quả và trụ mầm cây ngập mặn.

Một số loài *Lepidoptera* thuộc *Lycaenidae* (bướm xanh) sống trong rừng ngập mặn như *Hypochrysops epicurus* có trong các rừng mắm *Avicennia marina*. *Hypochrysops apelles* kiếm ăn trên tất cả các loài cây ngập mặn. Người ta còn tìm thấy ấu trùng của nhộng *Acrodipsas illidgei* trong các tổ kiến đen *(Crematogaster laeviceps)* nằm ở hang hốc trên cành cây ngập mặn. Điều này chứng tỏ ấu trùng này là nguồn thức ăn cho kiến non. Tương tự như vậy, *Hypochrysops apollo* là nguồn thức ăn cho kiến ngựa.

Ấu trùng của loài bướm *Procalyptis parooptera* ăn lá non của *Ceriops tagal*, chúng cuộn lá và dùng tơ dệt chỗ trú ẩn và sống ở đó. Khi trưởng thành chúng bay đi để lại những cuộn lá rỗng, và sau đó ấu trùng của loài bướm *Hypochrysops apelles* đến trú ngụ và cuối cùng làm thức ăn cho kiến. Một loài bướm khác là *Macrocyttara expressa* thuộc họ Cossidae có ấu trùng đục trong thân cây già *(Excoecaria agallocha)*. Ấu trùng của *Cenoloba obliteralis* thuộc họ Oxychirotidae đục trong các lá mầm của quả mấm *(Avicennia marina)*. Lepidoptera rất thường gặp trong các rừng ngập mặn.

Khu hệ kiến bao gồm *Colobopsis sp.* và *Crematogaster laeviceps* sống trên môi trường thích hợp là các thân cây đổ, cành và lá khô...Một số loài như *Oecophylla smaragdina* trên cây của các chi *Bruguiera, Ceriops* và *Sonneratia* (Macnae 1968). Một số loài kiến có thể vùi người trong trầm tích khi triều thấp, có thể lấy không khí ở các lỗ trong bùn, một số loài lại có thể làm tổ và sống trong các rễ chống của *Rhizophora*. Ngoài ra còn tìm thấy 3 loài kiến nhà, làm tổ trong các hốc cây trên thân cây ngập mặn. Vào mùa ra hoa, kiến là loài động vật tham gia tích cực trong quá trình thụ phấn cho cây.

Trong thiên nhiên, loài ong mật *Apis dorsata* kiếm mật trong mùa ra hoa của *Aegiceras corniculatum* và *Avicennia marina*. Nhưng các hoạt động kinh tế nuôi ong lấy mật, đặc biệt ở các vùng rừng ngập mặn ven biển đồng bằng sông Hồng lại sử dụng loài ong Ý *(Apis melifera)*. Loài này có khả năng thích nghi cao với môi trường rừng ngập mặn nhờ khả năng chịu đựng điều kiện thiếu nước ngọt thường xuyên, gió mạnh và ít bị nhiễm bệnh.

Về khả năng phục hồi, người ta đã làm thí nghiệm bằng cách hun khói để đuổi toàn bộ các loài sâu bọ trên một hòn đảo có rừng ngập mặn thì sau 250 ngày khu hệ sâu bọ trên đảo được hồi phục cả về số lượng và thành phần loài giống như ở các đảo khác mặc dù mật độ có ít hơn. Khi kích thước quần thể tăng lên thì mức độ cạnh

tranh cũng khốc liệt hơn. Tỉ lệ hồi phục trong khoảng 0,05 - 0,5 loài mỗi ngày, trung bình 0,67.

Nhện

Có 20 họ nhện trong rừng ngập mặn, trong đó các họ đại diện là Araneidae (nhện mạng cầu); Saliticidae (nhện nhảy), Therdiidae (nhện chân lược) và Thomisidae (nhện hoa). Nhện mạng cầu có hai giống Tetragnatha và Eriophora đều chăng lưới bên bờ các sông, suối bắt các con mồi và các côn trùng bay lượn. Nhện cáo thuộc họ Lycosida (Geolycosa sp.) và nhện săn thuộc họ Pisauridae(Dolomedes sp.) chăng mạng ở tầng dưới của thảm thực vật ngập mặn để săn mồi, đôi khi ngay cả trên mặt bùn khi triều thấp. Tuy nhiên Dolomedes có thể sống được trong môi trường nước, lặn dưới nước để trốn tránh kẻ thù.

1.2. Động vật thuỷ sinh

1. 2.1. Động vật có xương sống

Động vật có xương sống thuộc khu hệ động vật biển chủ yếu là các loài cá và bò sát.

Bò sát

Trước đây, cá sấu nước mặn *(Crocodylus porosus)* có ở trong tất cả các cửa sông. Cá sấu kiếm ăn trong rừng ngập mặn khi triều cao. Các con nhỏ thì ăn các loại cua còng, tôm, cá nhảy (thoi loi) và các loài cá nhỏ khác. Nhưng khi trưởng thành thì chế độ ăn của chúng thay đổi, khẩu phần ăn chủ yếu là các loại cua bùn lớn *(Scylla serrata)*, chim và động vật có vú. Tuy nhiên, cá sấu không làm ổ trong rừng ngập mặn mà chỉ vào kiếm ăn. Ổ của chúng thường làm ở các bờ sông, đầm lầy sau rừng ngập mặn.

Một số loài rắn biển có ở cửa sông và vùng rừng ngập mặn bao gồm *Ephalophis mertoni, E. greyi, Hydrelaps darwiniensis* và *Enhydris punctata* và *Hydrophis elegans* còn *Aipisurus eydouxii* thì chủ yếu gặp ở vùng ven biển.

Ở các rừng ngập mặn Đông Nam Á, Úc và Mỹ, có loại rồng nước *(Lophognathus temporalis)* thường ăn sâu bọ trong các rừng ngập mặn. Loài rắn nhỏ *(Acrochordus granulatus)* sống trên các bãi bùn mới bồi phía trước rừng ngập mặn, ăn các loại cua và cá nhỏ. Các loại rắn khác như rắn bóc *(Cerberus rhynchop)*, rắn bụng trắng *(Fordonia leucobalia)* và rắn rừng ngập mặn *(Myron richardsonii)* ăn các loại cua, cá nhỏ trong các rừng ngập mặn. Kỳ đà *(Varanus indicus)* ăn các loài sâu bọ, cá, bò sát và chim trong các vùng rừng ngập mặn khi nước triều lên, một loại kỳ đà khác *(V. semiremex)* sống trong các hốc cây trên thân cây ngập mặn, hoặc trên các đảo nhỏ, ăn các loại cá cua và sâu bọ.

Cá

Những ngư dân lâu năm đều biết rõ ấu trùng và cá con đều sử dụng rừng ngập mặn như một vùng ươm. Ở nước ta, các công trình nghiên cứu đã thống kê được 258 loài cá thuộc 70 họ (M.Đ. Yên 1992), sự phân bố, thành phần và số lượng của chúng phụ thuộc vào các vùng địa lý sinh học khác nhau về độ mặn, nhiệt độ nước, địch hại và nguồn thức ăn. Các loài cá sống trong rừng ngập mặn hết sức đa dạng, đa số là ăn tạp kể cả xác hữu cơ thực vật, sinh vật thủy sinh...

Saenger và cộng sự (1977) đã liệt kê 68 loài cá trong rừng ngập mặn. Tuy nhiên, số liệu này còn thiếu so với thực tế. Có thể kể ra một số họ Apogonidae, Bothidae, Chandidae, Channidae, Dorosomidae, Elopidae, Engraulidae, Gerridae, Latidae, Leiognathidae, Megalopidae, Platycephalidae, Pseudomugilidae, Soleidae, Syngnathidae và Toxotida, trong đó có nhiều loài thường trú trong rừng ngập mặn. Một tác giả khác là Collette (1983) đã liệt kê trên 100 loài cá thuộc 58 họ trong rừng ngập mặn, trong số đó có nhiều loài có giá trị kinh tế, các ấu trùng và cá con của các họ Gerridae, Sparidae và Mugilidae chiếm ưu thế trong các quần xã cá.

Có thể phân các loài cá trong rừng ngập mặn ra các nhóm: (1) thường trú, (2) các loài chỉ sống trong rừng ngập mặn khi trưởng thành (3) các loài có mặt ở rừng ngập mặn theo mùa (đẻ trứng, ấu

trùng và cá con). Sự phân chia này thay đổi tùy thuộc vào khu vực địa lý, địa hình, biên độ triều và độ mặn. Rất nhiều loài cá rừng ngập mặn cũng có mặt ở các cửa sông, bãi cỏ biển, nhưng ít hơn so với rừng ngập mặn. Nhóm cá nhảy thích nghi với mặt bùn rừng ngập mặn thuộc phân họ *Oxidercinae* có 5 loài thuộc 2 chi *(Periophthamus và Periophthalmodon)*. Cá nhảy có mặt ở hầu hết các vùng rừng ngập mặn, trừ vùng ôn đới. Trong phân họ Oxidercinae còn có 2 loài *(Boleophthalmus sp.* và *Scartelaos sp.)* đào hang trong bùn.

Cá bống trong rừng ngập mặn thuộc các chi *Mugilogobius, Taenioides* và *Arenigobius* có ở hầu hết các rừng ngập mặn. Các loài thuộc giống *Omobranchus* có thể sống trong bùn, trong các hang bị ngập ngay cả khi nước triều thấp.

Các nghiên cứu đều khẳng định tầm quan trọng của rừng ngập mặn, đầm lầy và cỏ biển đối với cá. Khi nghiên cứu sinh thái dinh dưỡng của 4 loài cá sống trong kênh rạch rừng ngập mặn, Beumer (1978) chọn 2 loài cá ăn tạp ưu thế trong rừng ngập mặn *(Ctenogobius criniger và Acanthopagrus berda)*, 1 loài cá măng ăn thịt *(Chelonodon patoca)* và 1 loài cá tráp ăn mùn bã thực vật *(Anodontostoma chacunda)*. Trong 4 loài này thì *Acanthopagrus berda* và *Chelonodon patoca* sinh nở trong rừng ngập mặn, ấu trùng và cá con nhiều nhất vào các tháng 8 và 9. Tác giả cho rằng nguồn thức ăn mà rừng ngập mặn cung cấp là nguyên nhân chính tạo nên môi trường thích hợp cho cá phát triển chứ không phải độ mặn là chính.

1.2.2. Động vật không xương sống

Mặc dù các loài động vật nhỏ như giun tròn và động vật nguyên sinh rất nhiều trong rừng ngập mặn nhưng lại có rất ít công trình nghiên cứu. Dacraemes và cộng sự (1978) đã thu thập được 25 loài giun tròn chỉ trong có một mẫu lấy trong rừng ngập mặn ở đảo Lizard (Uc). Điều này cho thấy có rất nhiều loài động vật nhỏ đang cần nghiên cứu. Một số công trình khảo sát khá chi tiết về thành phần loài và sự dao động theo mùa của khu hệ động vật nhỏ trong các cửa sông có rừng ngập mặn ở Nam Phi.

Các loài động vật không xương sống thường có nguồn gốc từ biển, một số sống trong vùng nước giao thoa giữa nước mặn và nước ngọt vùng cửa sông. Các nhóm thân mềm ở đây thường gần với các nhóm chân bụng nước ngọt và nội địa hơn là thân mềm biển. Như vậy chúng có lịch sử tiến hoá lâu dài nhưng vẫn chưa được nghiên cứu chi tiết.

Ở đây chúng ta không đi vào nghiên cứu cụ thể từng nhóm động vật không xương sống thuỷ vực mà sẽ nghiên cứu theo các nhóm sinh thái. Động vật không xương sống biển ở các vùng triều thuộc 5 loại môi trường khác nhau. Cũng có một số động vật không xương sống nội địa sống trong các môi trường này.

Đặc trưng đối với các vùng cửa sông ngập triều là các loài ưu thế thuộc giun nhiều tơ, giáp xác và thân mềm, đặc biệt trong các kênh rạch, vụng, vịnh của vùng rừng ngập mặn. Động vật da gai đôi khi cũng có mặt, nhưng hải miên, xoang tràng thì rất ít gặp. Khi đề cập tới nguồn tư liệu về động vật không xương sống trong rừng ngập mặn cần tính đến một số nhân tố như: kỹ thuật thu mẫu khác nhau, số lần và chu kỳ thu mẫu khác nhau do đó có rất nhiều vấn đề trong công bố các taxon. Có nhiều loài trong khu hệ chưa được mô tả hoặc bỏ sót (bảng 5).

Trong nhiều trường hợp danh mục các loài không ghi rõ ai phân loại, nguồn tư liệu, cũng như độ chính xác của dẫn liệu khi so mẫu với viện bảo tàng. Điều này dẫn đến tình trạng thiếu thông tin ngày càng trầm trọng. Mặt khác, các chương trình nghiên cứu đa số thực hiện ở gần các đô thị, thành phố hoặc các viện nghiên cứu. Khi đưa ra danh mục loài, các tác giả thường không chỉ ra môi trường sống của chúng, hoặc nơi mà thu được mẫu này. Cuối cùng là việc đánh giá độ đa dạng của khu hệ động vật không xương sống rừng ngập mặn đang còn cần rất nhiều các công trình nghiên cứu.

Các loài động vật cũng phân vùng trong rừng ngập mặn và cửa sông giống như đối với thực vật. Các vùng này thường được xác định bởi cấu trúc trầm tích, chế độ mặn và tần số ngập triều. Những nhóm động vật vận động tích cực thường thay đổi phân vùng trong 24 giờ trong ngày và trong suốt chu kỳ triều. Chẳng hạn như cá và

Bảng 5. **Phân bố của động vật đáy theo sự ngập triều của các thảm cây ngập mặn trồng tại Thụy Hải (Thái Thụy - Thái Bình).** (Kết quả khảo sát tháng 12-1994).

Khu triều Tuổi của khảm cây Loài động vật	Cao triều Thảm cây 8-9 tuổi	Trung triều				Thấp triều		Cả ba khu	
		5 - 6 tuổi		3 - 4 tuổi		1 tuổi			
		Trong	Ngoài	Trong	Ngoài	Trong	VR*	Trong	Ngoài
									+
							++		
Polychaeta chưa xác định				+				+	
Tôm gõ mõ: *Alpheus sp.*						+		+	
Tôm he: *P. merguiensis*									
Các loài cua				+		+		+	
* *S. serrata*			+						+
* *Mictyris longicarpus*								+	
* *Uca arcuata*	+++							+	-
* *Campt. sexdentatum*		++		+++		+++		+	
* *Macroph. conversus*		++		+++		+++		+	
* *Sesarma (P.) plicata*	++								+
* *Metaplax longipes*			+					+	
* *Metaplax sp.*				+					
Thân mềm chân bụng (ốc)								+	
* *Nerita (D.) violacea*		++						+	
* *Neritopsis sp.*				+				+	
* *Cerithidea ornata*	+++							+	
* *C. cingulata*		+++	+++	+++	+++	+++	+++	+	+
Thân mềm hai vỏ									
* *Ostrea modax*		+++						+	
* *Mông tay: Tellina sp.*				+	+	+		+	+
* *Mông tay: T. jedoensis*							++		+
* *Mông tay: Solen gouldi*				++				+	
* *Vọp: Matra quadrangularis*						+++	+	+	+
* *Dắt: Aloidis laevis*				+				+	
Giá biển									
Lingula sp.				+++		++		+	

* VR: Ven rừng, về phía biển (seaward)

Nguồn: Trọng, 1996

tôm thường đi vào rừng ngập mặn khi triều cao và ăn phù du khi triều lên. Sự phân vùng theo chiều thẳng đứng của trầm tích và theo thân cây cũng khá rõ. Sự phân vùng cũng thay đổi theo vĩ độ. Cần nhấn mạnh rằng có rất ít công trình công bố về sự phân vùng của khu hệ động vật không xương sống mặc dù trên thực tế điều này thể hiện khá rõ (bảng 6).

Bảng 6. **Sinh khối một số loài động vật đáy (g/m^2) theo khoảng cách tính từ mép bờ biển có rừng ngập mặn (m)**

Nhóm loài	Sinh khối (g/m^2) Khoảng cách tính từ mép bờ (m)				
	0-50 (8.50)	50-250 (7.25)	250-450 (6.10)	450-650 (3.40)	Trung bình
Giun tròn	-	0.16	-	0.05	0.06
Giun nhiều tơ	+	0.10	0.11	0.10	0.09
Thân mềm (bivalves)	-	+	-	0.18	0.05
Giáp xác					
Mysids và gammarids	-	0.01	-	-	+
Discapseudes surinamensis	-	4.86	4.69	0.41	3.06
Callinectes bocourti	-	-	0.13	0.08	0.06
Uca maracoani	32.13	2.14	-	-	3.13
Cá ăn đáy	-	0.01	+	+	+
Tổng số	32.13	7.28	4.93	0.82	6.45

Nguồn: Duiven, 1982

1.2.2.1. Động vật khảm

Động vật khảm là những loài bám chắc vào thể nền cứng như thân cây sống, cây đổ, rễ chống, rễ thở ...Chúng thường phân bố ở phía trước rừng ngập mặn nơi mà nước chảy và ngập thường xuyên (Hutchings 1983). Một trong những loài ưu thế là hầu *(Saccostrea commercialis)*, chúng thường bám chắc trên thân và rễ thở cây ngập mặn khuất bóng tránh ánh mặt trời. Ngoài ra còn có chân bụng nhỏ, giun nhiều tơ lang thang *(Polychaeta errantia)*, giáp xác thuộc bộ bơi nghiêng (Amphipoda) và bộ chân đầu (Isopoda). Các loài động vật khảm với các loài đặc trưng như hầu, hà sun... tầng tầng

lớp lớp sống bám lẫn nhau tạo nên nhiều khe rãnh chứa các chất hữu cơ đây chính là môi trường thuận lợi và nơi ẩn nấp lý tưởng cho các loài giáp xác nhỏ, giun nhỏ.... hình thành nên một quần xã khá đặc trưng.

Đa số các loài thân mềm trong rừng ngập mặn thuộc các loài: *Chizacmaea sp., Xenostrobis securis, Tatea rufilabris, Lasaea australis, Trocomya hirsuta.* Loài hà *Elminus modestus* và *Galeogalaria caespitosa* sống bám trên phần thấp của thân và rễ cây mắm *Avicennia marina.* Loài hà sun *(Balanus amphitritae)* thường bám trên rễ chống của cây trang *(Kandelia candel)* và đước *Rhizophora.* Đôi khi loài này đã gây chết phần lớn cây con mới trồng ở các vùng cửa sông thuộc các tỉnh Thái Bình, Nam Định và một số vùng ven biển miền Trung. Ở Thái Lan người ta đã sử dụng nhiều biện pháp kỹ thuật để hạn chế bớt tác hại của loài này đối với cây mới trồng nhưng hiệu quả không cao.

Hutching (1977) cho rằng số lượng các loài hà sun *(Balanus amphitritae),* giun nhiều tơ *(Ficoponatus uscharkovi)* thuộc họ Serpulidae và hai loài hầu khác là *Saccostrea echinata* và *S. commercialis* đều giảm đi khi độ mặn giảm. Tuy nhiên, các nhân tố như tần số ngập triều và độ che bóng (râm mát) là những nhân tố quan trọng xác định độ nhiều của động vật khảm. Ở những vùng rừng cây khép tán dày, cường độ ánh sáng thấp thì các tảo bám hình thành lên một màng dày bọc xung quanh các rễ thở và trên gốc và thân cây tạo điều kiện vi khí hậu thuận lợi cho một số loài chân bụng (Gastropoda) và giáp xác bơi nghiêng (Amphipoda) đồng thời cũng tạo độ ẩm thích hợp cho các loài giun nhiều tơ thuộc họ Spionidae và Nereididae. Nhìn chung, các tác giả đều cho rằng độ đa dạng khu hệ động vật khảm tăng lên khi vĩ độ tăng.

1.2.2.2. Động vật sống trên bề mặt nền

Khái niệm này để chỉ những loài động vật sống và kiếm ăn trên bề mặt nền bùn, chủ yếu là ốc thuộc các họ Neritidae, Littorinidae, Potamididae, Cerithiidae, Ellobiidae (Macnae 1968). Thông thường trong các danh mục động vật rừng ngập mặn thường ít khi đề cập

tới môi trường sinh sống của các loài này. Có thể phân chia các loài thân mềm của môi trường này thành hai nhóm gồm các loài thích nghi với thể nền xốp và rắn. Các loài sau đây thường gặp trên thân, rễ cây ngập mặn, lá rụng, cỏ, đá: *Thalotia contessei, Austrocoshlea constricta, Bembicium auratum, Nassarius burchardi, Patelloida mimula, Littorina scabra, Pseudoliotia micans, Ranella australasia, Assiminea tasmanica, Melosidula zonata, Ophicardelus ornatus, O. sulcatus, O. quoyi, Onchidium sp.* (chi này có thể có cả ở nền mềm).

Các loài sống trên thể nền mềm bao gồm: *Bittium lacertinum, Pyrazus ebenius, Salinator solida, S.frailis,* ngoài ra còn có *Terebralia paliustris, T. sulcata* sống trên nền bùn và *Cassidula sp.* trên xác thực vật phân huỷ. Các loài thuộc chi *Onchidium, Quoyia, Bembicium* thường tập trung dưới bụi cây vẹt (*Bruguiera sp.*) nước thường xâm xấp.

N.H. Duc (1992) và P.Đ. Trọng (1996) đã công bố kết quả điều tra phân bố khu hệ động vật đáy, trong đó phần lớn là thân mềm và Giun nhiều tơ ở các vùng rừng ngập mặn ven biển phía Tây vịnh Bắc Bộ.

Bảng 7: **Cấu trúc thành phần loài và tỉ lệ phần trăm của mỗi nhóm loài của khu hệ động vật đáy rừng ngập mặn ven biển phía Tây vịnh Bắc Bộ**

Ngành, lớp	Số loài	Tỉ lệ % thành phần loài	Giống	Họ
Giun nhiều tơ *(Polychaeta)*	103	26,5	58	22
Giáp xác *(Crustacea)*	108	27,8	52	21
Thân mềm *(Mollusca)*	173	44,4	99	59
Sâu đất *(Sipunculida)*	3	0,8	2	1
Tay cuốn *(Brachiopoda)*	2	0,5	1	1
Tổng cộng	389	100	212	104

Nguồn: P.Đ. Trọng (1996)

Cũng ở các rừng ngập mặn và vùng ven biển phía Bắc, các công trình nghiên cứu đã công bố 1969 loài thân mềm thuộc 95 chi

của 51 họ, trong đó có 70 loài thuộc lớp Gastropoda, 94 loài thuộc lớp Bivalva, v.v...Một số tác giả đã phân các loài thân mềm sống trong rừng ngập mặn thành các nhóm: ăn lọc các chất hữu cơ lơ lửng, ăn lọc xác hữu cơ thực vật, ăn bùn trầm tích và xác động vật chết, ăn thịt động vật phù du và ăn lọc tảo phù du.

Các kết quả nghiên cứu còn cho thấy các loài động vật đáy thuộc các nhóm thân mềm, giáp xác và giun nhiều tơ tham gia tích cực trong các quá trình phân huỷ lá cây ngập mặn.

Các loài cua mai vuông thuộc họ Grapsidae có số lượng nhiều và đa dạng, hầu như có mặt ở khắp các vùng địa lý.Thông thường cả thân mềm và cua có vùng phân bố liên quan đến chế độ ngập triều, ở những vùng phía trước rừng ngập mặn thường tập trung nhiều và đa dạng, nhưng còn tuỳ thuộc vào cấu trúc rừng ngập mặn và chế độ mặn. Thường mật độ cao nhất đạt được vào mùa xuân.

Bảng 8: **Số lượng loài và số cá thể động vật đáy tham gia phân huỷ lá đâng *(Rhizophora stylosa)***

Nhóm loài	Số loài	Tỉ lệ (%)	Số cá thể	Tỉ lệ (%)
Giun nhiều tơ	2	14,3	3	0,9
Giáp xác: Cua	6	2	28,6	1.2
Các loài khác	2	9,5	13	2,2
Thân mềm: Chân bụng	7	33,3	471	80,2
Hai mảnh vỏ	2	9,5	82	14
Cá	1	4,8	4	0,7
Tổng cộng	21	100	587	100

Nguồn: P.Đ. Trọng (1996)

1.2.2.3. Động vật sống vùi trong nền

Đó là các loài sống tại chỗ và di động mà toàn bộ vòng đời của chúng sống vùi dưới lớp bùn trầm tích . Phần lớn các loài động vật này sống thường xuyên hoặc nửa thường xuyên trong các hang nằm sâu trong bùn. Các hang này xuyên qua các lớp bùn o xy hoá tạo điều kiện thông khí, thường ở cùng độ sâu với các rễ cây ngập

mặn. Một số loài thuộc khu hệ động vật nội địa có thể giữ được các bọt không khí trong các hang của chúng để sử dụng cho quá trình hô hấp trong suốt thời gian ngập triều cao.

Một số loài động vật có thể rời hang đi kiếm ăn trên mặt bùn, còn số khác thì chỉ cần kiếm ăn ngay trong hang là đủ. Việc nghiên cứu các loài động vật này rất cần thiết nhưng việc thu mẫu không phải lúc nào cũng dễ dàng. Thông thường trầm tích bùn xung quanh rễ rất khó lọc qua lưới. Khi triều thấp thì lọc qua lưới rất khó vì thiếu nước và rất nhiều xác rễ cây. Một số tác giả cho rằng động vật ở các bãi bùn phía trước rừng ngập mặn thường đa dạng hơn trong khu rễ cây ngập mặn (Hutching, chưa công bố).

Động vật thường trú trong hang thường thuộc các nhóm giun như sá sùng, sâu đất *(Phascolosoma arcuatum)* thuộc họ Sipunculidae, Echiuroidae, giun nhiều tơ thuộc họ Polychaeta và Nemertea. Loài *Phascolosoma arcuatum* có ở hầu hết các vùng rừng ngập mặn , đôi khi có số lượng khá lớn, chúng đào hệ thống hang khá phức tạp trong bùn. Do ảnh hưởng quyết định của chế độ ăn mà những con trưởng thành thường bơi lên khi nước triều cường và thường có kích thước lớn hơn các con còn lại. Các loài thực vật đầm lầy mặn thuộc các chi Sporobolus, Suaeda, Sesuvium phát triển trên vùng đất chỉ ngập khi triều cao tạo nên độ mùn cho đất, nhưng hầu hết các chất hữu cơ trên mặt đều bị nước triều cuốn đi khi nước triều lên. Mối liên quan thực vật và động vật cần được hiểu cặn kẽ trong những điều kiện này.

Các loài giun nhiều tơ thường có mặt ở hầu hết các rừng ngập mặn. P.Đ. Trọng (1992) đã công bố 51 loài giun nhiều tơ (Polychaeta) thuộc 42 chi của 20 họ ở miền Bắc nước ta. Giun nhiều tơ thường phân bố rộng ở các vùng ngập triều thấp.

Loài echiuroid *(Ochetostoma australiense)* sống trên các bãi bồi trầm tích phía trước rừng ngập mặn và bị ngập nước khá thường xuyên. Ở những trầm tích mềm dễ đào hang thì các hang của giun nhiều tơ không vào sâu trong các vùng rễ cây ngập mặn. Nhiều hang thường kéo dài theo các ống chất nhầy. Các chi có độ nhiều

khá cao là *Nereidids, Spionids, Capitellids* (loài này còn sống trên vách hang cua và nơi trầm tích hạt mịn giữa các rễ đầu gối cây vẹt *(Bruguiera)*. Các loài giun nemerteans thường ở những vùng ngập triều nơi bùn mềm. Loài *Tubulalus polymorphus* sống trong trầm tích thảm cỏ biển *(Zostera)*.

Manae (1968) cho rằng các vùng rễ cây ngập mặn tạo nên những vi khí hậu thích hợp tập trung số lượng lớn các loài hai mảnh vỏ. Thông thường, trong trầm tích thường gặp số lượng lớn các loài thuộc nhóm chân bụng và hai mảnh vỏ *(Conuber sornida, Anadara trapezia, Tellina deltoidalis, Ambuscintilla praemium, Glauconome plankta, Athritica helmsi, Laternula sp., Venerupis crenata, Notospisula trigonella, Theora fragilis)* (Saenger 1977). ở Việt Nam thường gặp 5 loài thuộc nhóm chân bụng là *Anadara trapezia, Glauconome plankta, Tellina deltoidalis, Laternula sp.*, và *Venerupis crenata* (P.Đ. Trọng 1996).

Đại diện các loài giáp xác đào hang là amphipods và tôm, bao gồm cả tôm nhảy *Alpheus* và tôm đào hang *Callianassa*. Tuy nhiên, loại giáp xác chiếm ưu thế vẫn là cua với số lượng lớn các loài. Tôm hùm bùn *(Thalassina anomola)* và cua bùn *(Scylla serrata)* thường gặp nhất trong tất cả các rừng ngập mặn. Cua bùn khi còn nhỏ (chiều rộng của mai 20-29mm) sống trong rừng ngập mặn, khi bắt đầu trưởng thành (mai rộng 100-149 mm) di chuyển dần ra xa kiếm ăn khi triều cao . Sự di chuyển này thường xảy ra ở những vùng mà mật độ động vật đáy thấp, và cũng có thể do giai đoạn ngập nước ngọt kéo dài trong mùa mưa.

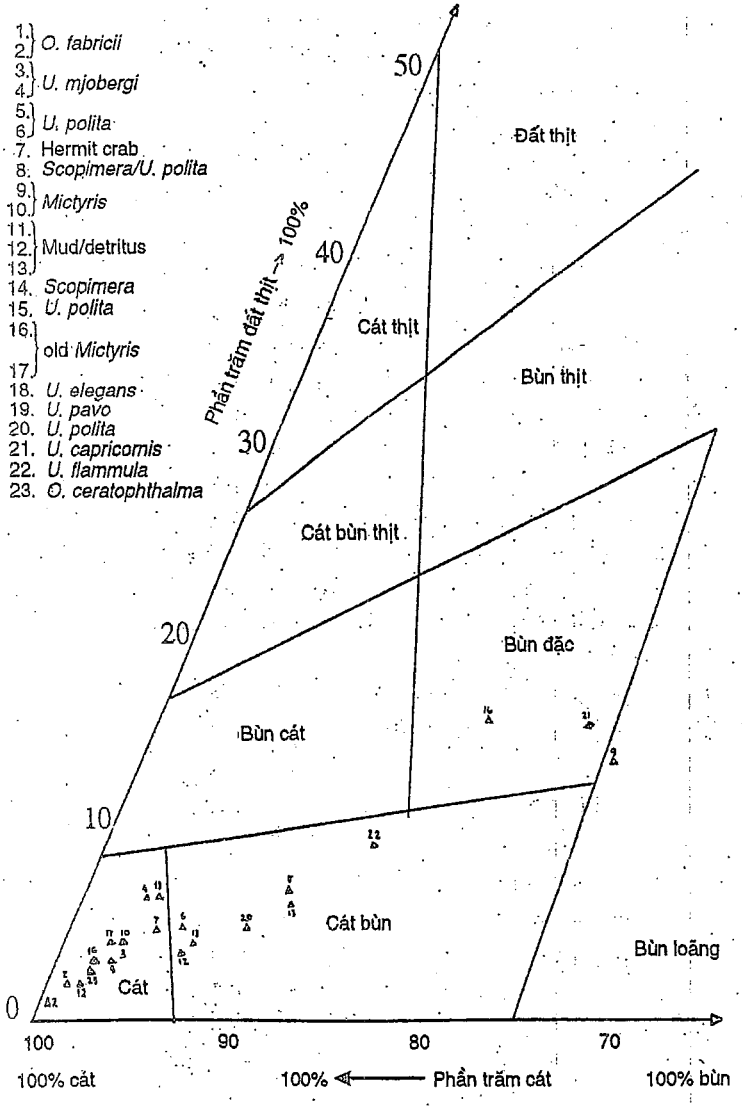
Sự phân vùng của cua cũng thể hiện khá rõ trong rừng ngập mặn. Người ta đã tìm ra mối tương quan giữa kích thước hạt trầm tích và sự phân bố của còng *(Uca)*. Tần số ngập, nguồn thức ăn và kích thước hạt trầm tích có mối tác động qua lại trong việc xác định sự phân bố của còng. George và cộng sự (1984) đã mô tả chi tiết 30 loại môi trường, cùng với nguồn thức ăn, sự chịu mặn và kiểu hô hấp của 30 loài cua trong vùng vịnh có rừng ngập mặn.

Wells (1984) đã mô tả các kiểu ăn của các loài thân mềm mà mẫu thu ở 4 môi trường vùng triều trong vịnh Rest cho thấy mật độ cá thể cao nhất trên các bãi bùn nhưng sinh khối lại cao nhất trong vùng rừng ngập mặn có cây mắm *(Avicennia)*, trong khi các loài ăn lọc lại thường gặp trong các vùng có cây đước *(Rhizophora)*. Các loài *Pilumnopeus serratifrons* và *Ilyograpsus haswellianus* chỉ có ở vùng giáp đất liền, trong khi 2 loài còng thuộc họ Ocypodida *(Heloecius cordiformis* và *Australoplax tridentata)* có số lượng lớn nhất trong những vùng rừng ngập mặn ngập triều thấp.

Ngược lại, loài cáy *Sesarma erythrodactyla* lại tập trung số lượng cao nhất trong những vùng ngập triều cao, còn loài cua mai vuông *Paragrapsus laevis* thì lại tập trung ở các vùng rừng ngập mặn ngập triều trung bình. Một loài còng khác là *Helice leachii* chỉ có một số lượng nhỏ ở những vùng trầm tích, tương đối cao. Như vậy sự phân bố của cua không thể trùng với sự phân vùng cây ngập mặn. Người ta thấy rằng một số loài như *Uca lactea f.annulipes* luôn luôn có trong vùng cây mắm *(Avicennia)*, đặc biệt trên đất cát, nhưng nếu cát mịn thì loài *Uca bellator* đến thay thế. Loài này cũng thường có mặt trong vùng cây dà *(Ceriops)*. Số lượng lớn cáy *Sesarmidae* ăn thực vật thường gặp trong vùng có cây con các loài *Avicennia*, *Bruguiera* và *Ceriops*, trong khi *Macrophthamus depressus* là loài ăn tạp chỉ có ở trầm tích cát trong các kênh rạch (hình 22).

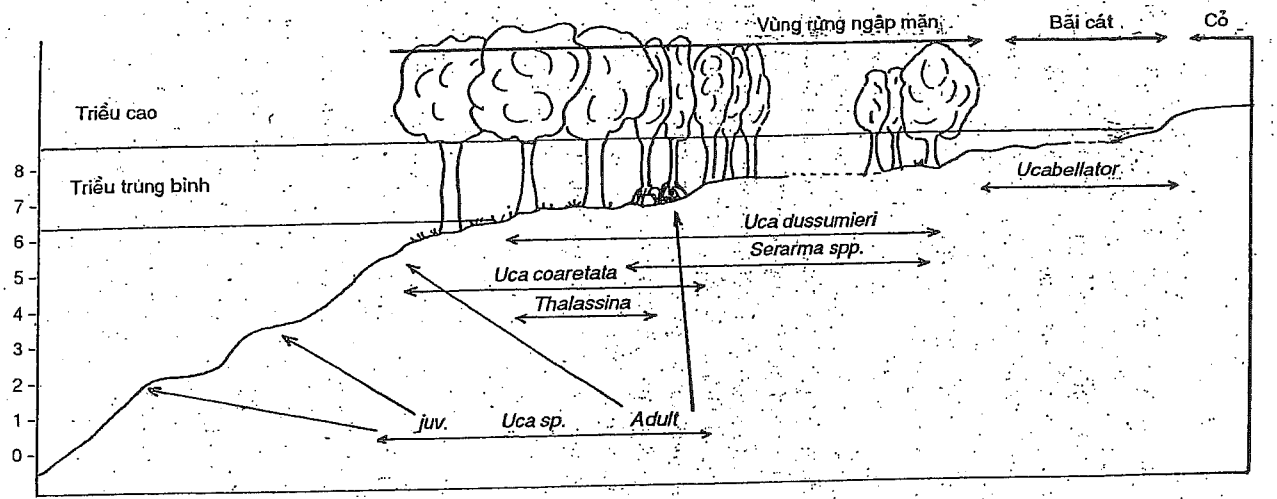
Một số quần thể cua dao động theo mùa mà hầu hết các loài đạt mật độ cao nhất vào các tháng mùa hè ấm áp, trừ *Paragrapsus* lại có độ nhiều cao nhất vào mùa đông. Tuy nhiên, không phải tất cả các loài cua đều dao động theo mùa.

Thông thường vào những thời kỳ mưa lớn trong một thời gian ngắn thì động thái chu chuyển quần xã tăng lên. Số lượng lớn cua thường tập trung vào ban đêm khi triều lên, nhiều con leo lên rễ thở hoặc lên gốc cây kiếm ăn. Trong ngày, khi triều thấp, đa số cua chui vào hang để tránh kẻ thù chủ yếu là chim. Các loài *Sesarma erythrodactyla* và *Paragrapsus laevis* khi đẻ cũng phải di cư xa bờ (hình 23).



Hình 22. Phân bố của cua trong mối liên quan với cấu tượng trầm tích

Hình 23. Sơ đồ mối quan hệ giữa phân vùng cây ngập mặn và kiểu phân bố các loài cáy *Uca*



1.2.2.4.Động vật sống bám trên cây ngập mặn

Khác với động vật khảm, các loài động vật này thường sống bám và di chuyển trên lá, thân và rễ cây ngập mặn. Hầu hết các rừng ngập mặn đều có các loài động vật này, đặc biệt là chân bụng có số lượng rất nhiều, chỉ riêng ở Úc đã thống kê được 10 loài thuộc chi Littoraria. Các nhóm chân bụng khác như *Potamides obtusa, Nerita lineata*, Oncis sp. sống trên các thân cây ngập mặn. Một thành phần khác là cua nhỏ bao gồm cua kí cư (Paguridae), giáp xác bơi nghiêng (Amphipods) và giáp xác chân đầu (Isopods). Chúng phân bố ở các vùng phía trước rừng ngập mặn, sống trên rễ thở và gốc cây. Có rất nhiều loài chỉ hoạt động khi triều thấp vào ban đêm, có khi cả ban ngày nếu vùng đó ít kẻ thù. Các loài động vật này thường kết hợp với các quần xã sống bám trên nền, trong nền và động vật khảm.

1.2.2.5. Động vật đục gỗ

Chúng ta đều biết động vật đục gỗ có ở hầu hết các loại rừng, nhưng trong rừng ngập mặn, do cây ngập mặn đổ xuống và tích luỹ tại chỗ mà số lượng các loài trong loại rừng này rất nhiều. Các loài hai mảnh vỏ thuộc họ Teredinidae và giáp xác chân đầu (Isopoda) có vai trò rất quan trọng trong việc bẻ gãy, phân huỷ các mảnh vụn gỗ. Khi nghiên cứu các loài động vật phân huỷ gỗ chết trong rừng ngập mặn người ta thấy mối quan hệ khá chặt chẽ giữa các sinh vật phân huỷ nội địa (đặc biệt là nấm, mối và bọ hung) và động vật đục gỗ biển (Teredinids và Isopods). Các tác giả cho rằng sự tác động của nấm lúc đầu đã góp phần tăng hiệu quả đục gỗ của Terrenids.

Ngoài các loài hai mảnh vỏ Terrenids chiếm ưu thế còn có 21 loài thuộc 8 chi động vật đục gỗ biển khác. Ngoài ra còn có isopods, một số loài của *Gnathia* trong gỗ chết. Ở Florida (Mỹ) thường gặp một loài Isopods là *Sphaeroma terebrans* tấn công rễ chống khi còn sống của cây đước đỏ *(Rhizophora mangle)* ở đoạn giao tiếp giữa nền bùn và không khí. Một số tác giả cho rằng chính do sự tấn công của các loài động vật này đã kích thích sự phân nhánh của rễ chống, trong trường hợp như vậy mỗi một rễ sẽ phân ra trung bình 1,4 rễ xuống tới mặt bùn.

Bên cạnh các loài sinh vật đục gỗ còn rất nhiều các loài động vật không đục lỗ như hà, cua, giun nhiều tơ, ốc mỏng (limpets), amphipods, nemerteans, các loài động vật này nằm trong hoặc dưới những khúc gỗ bị vùi lấp trong bùn phía trước rừng ngập mặn và bị ngập triều thường xuyên. Chỉ có một loài nemerteans là *Pantinonemertes winsori* đục hang trong lõi hoặc vỏ cây mắm *Avicennia marina* và cây dà *Ceriops tagal* khi triều cao.

Cho đến nay các công trình nghiên cứu đã công bố 34 loài thân mềm trong các khúc gỗ mục, chúng sử dụng luôn các hang, đường ngầm do các loài Terrenids tạo ra. Hơn nữa, một số loài như *Ellobium aurisjudea* và một số chân bụng nhỏ như *Assiminea spp.* và *Iravadia spp.* sống thường trú trong các khúc gỗ cả ngày và đi kiếm ăn trên các nền bùn mềm trong vùng *Rhizophora* và *Bruguiera* vào ban đêm hoặc những ngày mưa, đầy mây. Cua cũng tham gia vào quá trình này, nhưng vai trò của chúng vẫn chưa được rõ.

I.2.3. Phân bố động vật thuỷ sinh

Thông thường số loài động vật rừng ngập mặn tăng lên theo vĩ độ đối với các vùng nhiệt đới và á nhiệt đới. Mặc dù trong khá nhiều trường hợp điều này tương quan với độ đa dạng tăng lên, nhưng với khu hệ chim thì khác, không phù hợp với kết luận này. Sự tăng độ đa dạng có thể thấy qua một chi, chẳng hạn như chi Nerita thì chỉ có một loài *N. atramentosa* trong vùng rừng ngập mặn ôn đới, trong khi đó ở vùng nhiệt đới và á nhiệt đới thì có tới 6 loài.

Macnae (1968) cho rằng các loài thân mềm trong vùng ôn đới là điển hình cho các vùng cửa sông kể cả rừng ngập mặn, trong khi ở vùng nhiệt đới thì đó là những loài đặc hữu của vùng rừng ngập mặn. Ở trường hợp giáp xác cũng tương tự như vậy. Còn đối với giun nhiều tơ thì có xảy ra như vậy không hiện nay vẫn còn chưa rõ, mặc dù loài *Hadrachaeta aspeta* thuộc họ Terrebellidae chỉ có trong rừng ngập mặn và các bãi bùn lầy phía trước. Còn lại các loài giun nhiều tơ khác thì ngoài môi trường rừng ngập mặn ra chúng còn thấy ở các môi trường cửa sông khác nữa.

Các khu hệ động vật rừng ngập mặn là tương tự ở một số vùng khác nhau trên thế giới và phản ánh sự thích nghi lâu đời của chúng đối với loại môi trường này. Khi so sánh khu hệ động vật rừng ngập mặn ở Úc với vùng Đông Nam á cho thấy một số chi thân mềm và giáp xác thường gặp ở cả hai vùng, nhưng các loài đại diện lại khác nhau.

2. SỰ THÍCH NGHI CỦA ĐỘNG VẬT RỪNG NGẬP MẶN

Rừng ngập mặn với thể nền bùn ngập triều mà ở đó có rất nhiều loài động vật biển và nội địa thích nghi hoặc với môi trường rừng hoặc với môi trường bùn ngập triều. Điều này có nghĩa là chúng thích nghi hết sức đa dạng không chỉ riêng đối với rừng ngập mặn. Tuy nhiên, một số loài có những kiểu thích nghi đặc biệt mang một số nét đặc trưng.

Thông thường rừng ngập mặn ngập triều hàng ngày mà tần số và cường độ ngập phụ thuộc vào con nước (triều kiệt và triều cường). Rừng ngập mặn ở những vùng đất đã nâng cao thì ít ngập nước triều hơn nhưng lại thường ngập nước ngọt vào mùa mưa. Việc di chuyển của động vật trên mặt đất để săn đuổi con mồi, kiếm ăn dưới gốc cây thường bị hạn chế trong môi trường này. Đôi khi, chúng phải di chuyển trên hệ thống rễ chống khi triều xuống để kiếm ăn. Các loài động vật này cũng có thể trở thành con mồi cho một số loài động vật biển vào rừng ngập mặn kiếm ăn khi triều cao.

Có lẽ khó khăn nhất đối với các loài động vật nội địa ra rừng ngập mặn kiếm ăn là nguồn nước uống. Một số lá cây ngập mặn có hàm lượng ta nanh cao mà một số loài động vật ăn thực vật khó có thể tiêu hoá được. Hơn nữa, các loài cây ngập mặn lại thường có hàm lượng muối cao tích luỹ ngay trong mô của chúng làm cho các loài động vật ăn thực vật không thiết tha lắm.

Đối với các loài động vật biển, rừng ngập mặn cung cấp một môi trường tương đối an toàn cho chúng hơn là các bãi bồi trống không. Các loài động vật khảm và sống bám trong rừng ngập mặn

thường khá phổ biến, đặc biệt trên các rễ chống. Mật độ tán dày cũng cung cấp nơi bảo vệ và an toàn khi chạy trốn kẻ thù. Mặt khác, trong môi trường rừng ngập mặn thì sự dao động về nhiệt độ và độ mặn không nghiêm trọng như các vùng bãi trống có rừng ngập mặn (Macnae 1967). Do những điều kiện này mà một số loài động vật biển sử dụng môi trường rừng ngập mặn như một nhu cầu bắt buộc. Một số tác giả cho rằng hiện tượng săn mồi không có vai trò quan trọng chi phối sự phân bố và mật độ của loài chân bụng ăn thực vật *Bembicium auratum*. Đối với các loại sò thì khả năng nguồn thức ăn, thể nền ở vùng phía trước rừng ngập mặn lại có vai trò quan trọng tác động đến các quá trình này. Thể nền có hàm lượng chất hữu cơ cao, độ thoáng khí thấp có thể thay đổi hoạt động đào hang của động vật.

Một số loài động vật rừng ngập mặn thích nghi với môi trường ngập triều hoặc sống trên các lớp tán lá cây dày chứ không hẳn chỉ thích nghi với môi trường rừng ngập mặn (có thể ở rừng ngập mặn hoặc không). Tuy nhiên, có một số động vật khác lại thích nghi đặc biệt trong rừng ngập mặn, có tính chất bắt buộc. Việc nghiên cứu thích nghi của các loài động vật rừng ngập mặn cần được tiến hành và so sánh đối với các môi trường bùn lầy khác.

2.1. Động vật đến từ nội địa

2.1.1. Động vật có vú

Phần lớn các loài động vật nội địa coi rừng ngập mặn như là nơi để mở rộng khu phân bố, gần như một môi trường cầu nối giữa biển và đất liền, đặc biệt là các loài động vật sống trên cây ít khi di chuyển xuống sàn rừng. Chỉ có một loài chuột nước *Xeromys myoides* coi rừng ngập mặn là môi trường quan trọng. Loại chuột này ăn cua, mặc dù có những con lớn hơn nó. Loài chuột này tấn công cua bằng cách đầu tiên là cắn vào cuống mắt, khi cua giang càng ra bảo vệ thì chuột cắn vào bụng và moi ruột ra ăn trước, sau đó là đến phần bụng và càng. Loài chuột này có bộ lông dầy khó thấm nước nên chúng bơi lội dễ dàng khi nước triều cao và làm tổ ngay trên cây. Loài chuột nhà *(Rattus rattus)* có mặt ở hầu hết các

môi trường rừng ngập mặn ngay ở những nơi thiếu nước và đất khô hạn. Loài này không thể sống lâu trong nước triều ngập, phụ thuộc nhiều vào nguồn thức ăn và nguồn nước ngọt khi mưa xuống.

2.1.2. Chim

Nhóm động vật nội địa mà thể hiện sự thích nghi nhất đối với môi trường rừng ngập mặn là các loài chim. Sự thích nghi của chúng chủ yếu thể hiện trong quá trình kiếm ăn như chân cao, mỏ dài, các ngón chân có màng bơi. Các loài *Eosaltria pulverulenta*, *Pachycephala lanioides*, *Rhipidura phasiana*, *Gerygonee tenebrosa*, *G.levigaster*, *Myzomela erythrocephala*, hầu hết mỏ đều dài hơn so với các loài có quan hệ gần gũi sống ở môi trường nội địa. Ở một số loài, mỏ dài giúp cho việc kiếm ăn dễ dàng, các vật cứng không bị mắc xung quanh mồm và bùn không bị bắn lên mặt khi mò kiếm ăn trên mặt bùn. Một số loài khác thì dùng mỏ dài để dễ dàng tách mai cua, tách vỏ các loài hai mảnh vỏ...Tuy nhiên, cũng có một số loài mà chức năng của chiếc mỏ dài hiện nay vẫn chưa rõ. Một số tác giả cho rằng cánh và đuôi của loài chim cổ đỏ tròn hơn các loài thuộc cùng chi Eopsaltria, điều này có thể giúp cho chúng bay xuyên qua tán rừng để kiếm ăn một cách dễ dàng.

2.1.3. Lưỡng cư

Loài ếch *Rana cancrivora* sống trong rừng ngập mặn chịu được sự thay đổi độ mặn rộng. Các con trưởng thành giữ lại nước tiểu trong cơ thể để tăng áp suất thẩm thấu tương đương với nước biển. Ngược lại, nòng nọc lại có thể tự điều chỉnh áp suất thẩm thấu và có thể tiết muối thừa bằng thận phụ. Chúng có thể chịu được độ mặn tới 40-50 % nước biển, đôi khi chúng có thể sống sót trong nước 80 % nước biển.

2.1.4. Bò sát

Chỉ có một số loài bò sát sống trong rừng ngập mặn, một số khác đến từ các môi trường nước ngọt và nước lợ, chúng đều là những động vật ' nội địa'. Đa số các loài sống hoàn toàn hoặc một nửa trong nước, thường là các loài rắn *Acrochordus granulatus* , *Cerberus rhynchops*, *Fordonia leucobalia*, *Myron richardsoni*, kỳ

đà *Varanus indicus*, *V.semiremex*, *Emoia atrocostata* và cá sấu nước mặn *Crocodylus porosus*, cá sấu nước ngọt *C. acutus*. Có một số loài rắn biển thuộc họ Hydrophiidae, Laticodidae nhưng sống trong rừng ngập mặn chỉ có loài *Laticauda colubrina*.

Các loài bò sát thường không có khả năng bài tiết u rin chứa hàm lượng muối cao hơn hàm lượng muối trong máu nên chúng phải có khả năng điều chỉnh áp suất thẩm thấu do sống trong môi trường nước mặn. Ở một số loài có các tuyến chuyên biệt làm nhiệm vụ tiết muối. Các tuyến này phát triển gấp 5 lần ở bò sát sống trong môi trường nội địa. Ở thằn lằn thì các tuyến mũi tiết nước mặn vào trong khoang mũi rồi hắt hơi ra. Ở rắn biển thì các tuyến dưới lưỡi đổ các chất tiết vào màng áo lưỡi sau đó được đưa ra bằng cách thè lưỡi ra. ở một số loài cá sấu lại có các tuyến tiết muối nhỏ nằm trên mặt lưỡi. Các loài rùa biển thì tuyến tiết muối được biến đổi thành tuyến nước mắt.

Loài kỳ đà *V. semiremex* có thể tiết nước muối từ tuyến muối có nồng độ 748 mM đối với Na và 800 mM đối với Clo và 76 mM đối với K. Tỉ lệ Na/K có thể được điều chỉnh trên một biên độ rộng, tỉ lệ tiết cực đại lên tới 34 (mol /100g / giờ đối với Na và 3 mol /100g/giờ đối với K.

Loại rắn nhỏ *A. granulatus* sống được ở các môi trường từ nước ngọt tới cửa sông và từ đầm lầy rừng ngập mặn tới biển. Chúng có khả năng tiết muối thừa qua tuyến tiết muối ở dưới lưỡi. Nó có thể tiết tới 600 mM Na và 20 mM K và có thể loại NaCl ra với tỉ lệ 60 mM / 100g/ giờ, cao hơn một số rắn biển khác.

Rắn nước mặt chó *(C. rhynchops)* sống trong rừng ngập mặn. Chúng uống nước ngọt mỗi khi có, nhưng nếu không có nguồn nước ngọt thì chúng có thể tiết Na với 15 (mM / 100g/ giờ, giá trị này có thể thấp hơn so với một số loài rắn biển khác nhưng rõ ràng là vẫn thể hiện ưu thế của chúng khi sống trong môi trường mặn không có nguồn nước ngọt.

Có người cho rằng về mặt nguồn gốc, cá sấu chỉ có thể sống được trong môi trường nước mặn trong một thời gian sau đó do cơ thể lớn và nhu cầu nguồn nước ngọt nên chúng chỉ đến rừng ngập mặn vào những giai đoạn nhất định. Loại cá sấu *Crocodylus acutus* khi còn non chỉ uống được nước ít mặn. Nhưng cho tới nay người ta thấy rằng loại cá sấu nước mặn *C.porosus* chắc chắn có thể sống và phát triển được trong cả nước ngọt và nước mặn mà không cần uống nước ngọt, ngay cả khi ăn các loại giáp xác có hàm lượng điện phân cao (Grigg và cộng sự 1980). Chúng có thể giữ được cân bằng muối và nước và duy trì hemeostasis trên màng tế bào ở mức cao. Mặc dù K, Ca và Mg được tiết ra cùng nước tiểu nhưng thận không phải là cơ quan vận chuyển các chất tiết Na hoặc Clo với số lượng đủ cho việc điều chỉnh áp suất thẩm thấu, mà chính vai trò tiết ra ngoài của các ion này qua đường các tuyến tiết muối ở lưỡi với tỉ lệ Na là 49 mM / 100g/ giờ, có khi hàm lượng lên tới 1000 mOsm (trong khi nước biển cũng vào khoảng trên dưới 1000 mOsm).

Mỗi loài cá sấu lại có khả năng thích nghi khác nhau đối với nước mặn. Không chỉ đối với *C.porosus* ở Úc và *C. acutus* ở Mỹ, hai loài này đều có tuyến tiết muối chức năng nằm ở lưỡi, nhưng *C. johnstoni* là loài cá sấu nước ngọt cũng có chức năng này khi đến sống trong vùng nước mặn. Loài này có thể tiết với tỉ lệ 1-2 mM / 100g/ giờ với hàm lượng 320-420 mM Na. Giá trị này thấp hơn giá trị trung bình đối với các loài cá sấu nước mặn khi sống trong nước ngọt (6-20 mM / 100g/ giờ và 450-600 mM Na), nhưng cũng còn đủ để cho phép chúng có thể sống được trong nước mặn.

Những nghiên cứu về lưỡi cá sấu cho thấy hầu như tất cả họ phụ Crocodylinae đều có tuyến tiết muối chức năng ở lưỡi dù trong môi trường nước ngọt hay nước mặn, những họ phụ khác tuy có các tuyến nước bọt ở lưỡi nhưng không có chức năng điều chỉnh áp suất thẩm thấu. Dường như nhóm cá sấu Crocodylis có nguồn gốc nước ngọt nhưng họ phụ Crocodylinae lại là nhóm sống ở biển. Các loài này sống trong rừng ngập mặn và các môi trường nước mặn

khác mà hầu như đều có thói quen do tổ tiên truyền lại trong họ phụ này, ngược với những loài nước ngọt lại trở về nước ngọt.

Độ thấm mặn và nước của lớp da rất quan trọng đối với bò sát thuỷ sinh. Các loài rắn sống ở biển, cửa sông kể cả rừng ngập mặn đều có lớp da tương đối khó thấm hơn so với các loài bò sát nước ngọt. Thực ra, một loài rắn colubrid ở Mỹ không có tuyến tiết muối nhưng lại có khả năng sống trong rừng ngập mặn vì da của chúng rất khó thấm.

Quá trình hô hấp qua da của rắn thuỷ sinh rất khác nhau tuỳ loài. Loài cá sấu *Crocodylus rhynchops* có bộ da rất ít thấm nước cũng như không khí trong quá trình hô hấp so với các loài rắn biển khác. Trong môi trường rừng ngập mặn mà loài rắn này sống thì việc ít thấm là một lợi thế khi trong nước thiếu ô xy và giàu CO_2. Loài *Acrochordus granulatus* sống trong rừng ngập mặn hấp thụ ô xy thấp, nhưng khi sống trong môi trường giàu ô xy thì hô hấp qua da cũng rất ít. Điều này phản ánh tỉ lệ trao đổi chất vẫn đáp ứng được mặc dù quá trình hô hấp qua da thấp hơn ở một số loài rắn biển khác.

Các loài rắn cũng có những kiểu thở khác nhau: rắn nội địa thường thở theo nhịp (nhịp địa sinh), trong khi các loại rắn biển lại có thể giữ được hơi thở rất lâu, khi thở thì chỉ có từ 1-3 nhịp trước khi nín thở (nhịp thuỷ sinh) ngay cả khi nổi trên mặt nước hoặc trong không khí. Các loài *Cerberus rhynchops* sống trong rừng ngập mặn và rắn biển *L. colubrina* lại nằm trung gian giữa hai cách thở trên, và cả hai đều dễ dàng chuyển từ kiểu thở này sang kiểu kia và ngược lại.

2.1.5. Sâu bọ

Nhiều loài sâu bọ để lại trứng của chúng trên quả các cây ngập mặn. Thông thường, các hoạt động sinh sản của sâu bọ trùng với mùa ra hoa kết quả là nguồn thức ăn thực vật của chúng. Sự thích nghi này rõ ràng không chỉ riêng đối với các loài sống trong rừng ngập mặn mà hầu hết các loài sâu bọ đều để lại trứng của chúng trên các quả. Macnae (1968) cho rằng một số loài sâu bọ rừng ngập

mặn để trứng của chúng trong các túi nước nằm trong các khe, hốc cây ngập mặn. Một số loài muỗi thì đẻ trứng trong các hang cua thường xuyên có nước.

Thông thường, nhú hậu môn ở ấu trùng muỗi vùng rừng ngập mặn cũng có ở vùng nước ngọt, có lẽ kích thước của nhú này thể hiện chức năng qua thể tích dịch được tiết ra. Khi nghiên cứu việc điều hoà áp suất thẩm thấu ở ấu trùng loại chuồn chuồn *(Erythrodiplax berenice)* trong rừng ngập mặn, Dunson (1980) cho rằng các loài này chịu được sự thay đổi độ mặn trong điều kiện thừa muối.

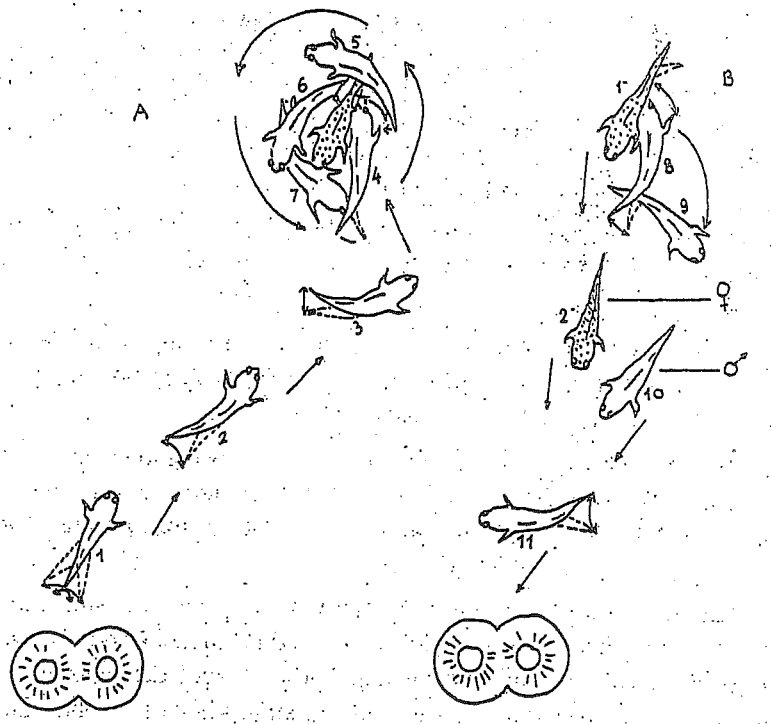
Một số loài kiến sống trên sàn rừng có kiểu thích nghi với điều kiện ngập nước triều hàng ngày bằng cách dùng bùn lấp hang lại và tập trung các bọc khí vào bên trong tổ, trong khi một số loài kiến khác thì làm tổ trên các hốc cây đước *(Rhizophora)* và dà *(Ceriops)*, mắm *(Avicennia)*...

2.2. Động vật có nguồn gốc biển

Khác với khu hệ động vật nội địa, rất nhiều loài động vật biển thể hiện sự thích nghi với môi trường rừng ngập mặn hoặc ít nhất cũng thể hiện đối với các môi trường ngập triều. Sự thích nghi này được chia làm 3 loại chính: hình thái, tập tính và sinh lý.

2.2.1. Sự thích nghi hình thái

Cá nhảy bùn (cá thoi loi) gần giống cá bống, đặc trưng bằng các vây chậu nằm ngang. Loài này thường sống trong rừng ngập mặn vùng nhiệt đới thích nghi rất tốt đối với điều kiện ngập và phơi bãi luân phiên nhau. Mắt của chúng đảo rất nhanh bù cho việc không có cổ. Mắt nằm trong hốc mắt cao và được bảo vệ bằng giác mạc thứ hai tránh bị khô. Giác mạc này do lớp da trên và lớp giác mạc đầu tiên kéo dài ra. Về cấu tạo giải phẫu, nửa võng mạc dưới giàu tế bào hình nón hơn nửa trên (có nhiều tế bào hình que hơn). Nửa trên sử dụng để xác định vị trí con mồi trên mặt bùn còn nửa dưới thì quan sát sự di chuyển của chúng. Do mắt được đặt ở vị trí cao trên đầu nên tạo được tầm nhìn rộng (hình 24).



Hình 24. Điệu vũ trước khi giao phối của loài cá thoi loi *Periophthalmes* (theo Brillet, 1970)

Các mô ở hai bên và phía sau khoang miệng làm nhiệm vụ như một biểu mô hô hấp, còn bề mặt của mang thì lại giảm đi khá nhiều so với các loài cá bống thuỷ vực. Những bề mặt hô hấp phụ cũng thể hiện trên các vảy và bên trong khoang mũi. Tuy nhiên, các bề mặt phụ này còn giúp cho quá trình tiết muối. Cá thoi loi cũng thở dưới nước như các loài cá khác, tuy nhiên chúng cũng có thể nuốt không khí bằng cách phồng mang lên rất nhanh. Nắp mang và các van nhỏ được mở ra và sau đó đóng lại giữ nước và ô xy bên trong để sử dụng cho hô hấp khi kiếm ăn trên mặt bùn. Các hoạt động của mang dừng lại trong suốt giai đoạn này.

Chúng cũng có thể bơi dễ dàng trong nước như bất kỳ loại cá nào, nhưng trên mặt bùn chúng thực hiện một loạt các bước nhảy và bò. Một số loài có thể leo lên cây bằng cách sử dụng các vây chậu có tác dụng như các giác bám và vây ngực của chúng như các cánh tay bám vào rễ và cành. Khả năng nhảy và trườn nhờ sự vận động của cơ và xương. Eggert (1929) đã nghiên cứu sự vận động của cá thoi loi và so sánh với cá bống nhằm tìm ra sự thích nghi với sự di chuyển trên mặt bùn, cho thấy 3 loại động lực giúp thực hiện cơ chế này:

- Đẩy: Các vây ngực được sử dụng như cái nạng, căng ra về phía trước và đẩy lên. Sự vận động này nhằm chuyển trọng lượng thân và sau đó truyền cho vây chậu.

- Nhảy: khi nhảy đuôi cong sang một bên và hướng lên phía trước, các tia vây đuôi cắm vào bùn. Khi cơ thể được căng ra thì cá thực hiện một bước nhảy lên phía trước và vọt lên trên không, vây đuôi có tác dụng tạo cân bằng.

- Lướt: Cá thoi loi có thể lướt trên mặt nước và bùn bằng một loạt các bước nhảy. Mỗi bước nhảy được thực hiện bằng một lần bơi vọt lên, các vây lưng thứ hai, hậu môn và đuôi đều hướng về phía trước, các vây ngực kẹp vào hai bên sườn khoảng 1 phần 20 giây trong khi lướt. Các vận động này giúp cá bay trong không khí như một cái lướt nhẹ.

Rất nhiều loài cua sống trong rừng ngập mặn thể hiện sự thích nghi hình thái về thở trên mặt đất. Các tác giả cho rằng kích thước của yếm có mối tương quan với môi trường và hoạt động trao đổi chất. Đối với các loài sống trong vùng triều thì kích thước yếm nhìn chung giảm đi so với các loài hoàn toàn sống trong nước. Chẳng hạn đối với loài thuộc giống *Ocypode* và cồng *Uca*, phân bố ở khu cao triều rừng ngập mặn thì có ít sợi yếm hơn so với các loài có quan hệ họ hàng sống hoàn toàn trong nước. Các sợi này làm cứng thêm góp phần duy trì hình dạng, phương hướng và chức năng khi cua ra khỏi môi trường nước. Khoang yếm rỗng cũng có chức

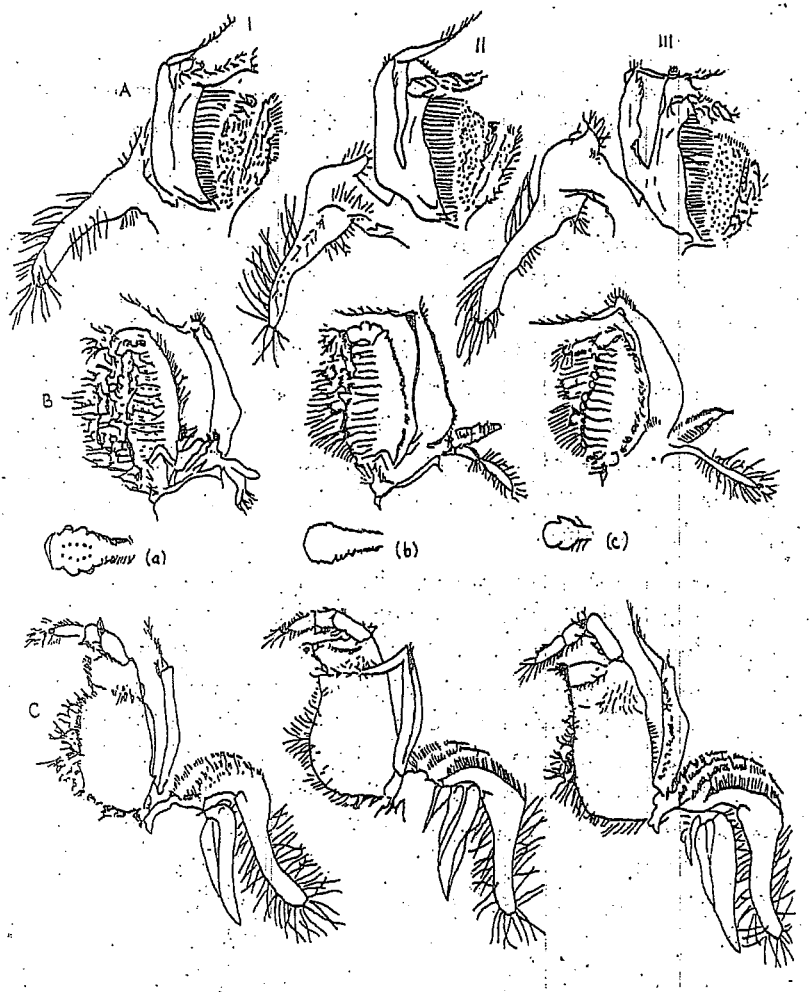
năng như phổi. Các loài cua này bơm không khí qua nước nằm trong khoang yếm và luôn được đổi mới bằng các dòng nước đi qua (Macnae 1968).

Các loài *Ocypodids* nhỏ và một số *Uca* cần dòng nước ra vào liên tục. Khi triều rút, cua ngồi trên mặt bùn và hô hấp bằng cách mở rộng đôi chân chạy số 3 và 4. Nếu bề mặt nước đã cạn thì cua lại sử dụng nước trong hang của nó, thường nguồn nước này được mạch nước ngầm cung cấp. Điều này giải thích tại sao các loài sống trên vùng đất chỉ ngập khi triều cao phụ thuộc rất nhiều vào hang hơn là các loài sống ở khu dưới nơi còn có những vũng nước ngay cả khi triều rút. Nguồn cung cấp nước thường xuyên hết sức quan trọng đối với tất cả các loài cua. Chúng cần thiết cho cả hô hấp và cung cấp thức ăn.

Ở một số loài cáy *sesarmid* lại có một hình thức thích nghi hình thái khá đặc trưng là có những lỗ đặc biệt (nằm ở gốc hàm trên và trên chân chạy thứ 4 và 5) làm dễ dàng cho việc lấy nước vào khoang miệng. Trong các vùng nước nông, khi cua bò thì các lỗ này nằm dưới mặt nước. Nếu cua ở trong vùng nước quá nông chúng nâng cao mai lên để lộ ra những khe hở tạo điều kiện cho các bọt không khí lọt vào buồng yếm. Điều này giúp cho tái ô xy hoá phần nước bên trong khoang và làm dễ dàng cho quá trình hô hấp. Cua thường thực hiện các hoạt động này ở một bên cơ thể để nước được trút ra từ nửa bên kia của khoang miệng (hình 25).

Các loài còng thuộc giống *Metaplax*, *Ilyoplax* và *Macrophthalmus* cũng có tập tính bơm nước giống như đối với cáy Sesarmids. Thông thường, nước được đưa vào yếm nhưng nó không bị đẩy ra mà đi dọc theo các rãnh dưới mai và lại trở vào các khoang yếm. Dòng chảy này tạo thành một lớp mỏng dưới mai mà nước thì được tái ô xy hoá và điều này góp phần tiết kiệm đổi mới dòng nước vào.

Một số loài giun nhiều tơ trong rừng ngập mặn thuộc các họ Spionidae và Eunicidae, và một số loài thuộc họ Nereididae có



Hình 25. Các phần phụ của ba loài cáy sống ở các thể nền khác nhau

I. *Uca lactea*, nền cát
II. *Uca urvillei*, nền bùn mỏng
III. *Uca dussumieri*, nền bùn rất mỏng

A. Hình dạng ngoài của hàm trên thứ 1
B. Dãy phía trong của hàm trên thứ 2
C. Hình dạng ngoài của hàm trên thứ 3

Nguồn: Macnae, 1968

mang dọc theo cơ thể góp phần làm dễ dàng cho quá trình hô hấp. Tuy nhiên, các họ này cũng có mặt ở các môi trường cửa sông

khác. Khi nghiên cứu biểu bì của giun nhiều tơ ở Sumatra (Indonesia), Storch (1972) đã phân tích vi cấu trúc và hoá mô học giải thích khả năng hấp thụ ô xy trực tiếp từ không khí.

Hầu hết các loài thân mềm sống trên vùng đất chỉ ngập khi triều cao của rừng ngập mặn (khu cao triều) đều có một số thay đổi về hình thức hô hấp. Tấm lược thì giống như bộ lọc khí và khoang áo của một số loài sống trên cây được biến đổi giống như phổi.

Nhìn chung, các loài động vật rừng ngập mặn đều phải đương đầu với một khó khăn chung là cơ thể dễ bị khô. Nhiều loài thân mềm và giáp xác đều có vỏ hoặc mai dày nhằm làm giảm sự mất nước do bốc hơi nước. Bộ khung dày này cũng góp phần bảo vệ cơ thể khỏi bị kẻ thù tấn công, đặc biệt là các loài chim. Người ta thường cho rằng các con của nhỏ thì khả năng chống đỡ đối với sự mất nước kém hơn các con to do tỉ lệ diện tích bề mặt và thể tích của chúng lớn hơn.

Vermeji (1974) đã thực hiện một nghiên cứu chi tiết về hình dạng và kích thước lớn nhất của những cá thể thân mềm trưởng thành ở vùng Ấn Độ, Tây Thái Bình Dương cho thấy: các loài sống trong vùng bãi triều rừng ngập mặn có kích thước nhỏ hơn các loài sống trên trầm tích hoặc bám trên cây. Các loài Littorinids và Potamidids to và mảnh hơn còn Neritids to và bầu hơn những loài sống ở bãi biển thấp hơn. Các loài chân bụng bờ biển đá có sự thích nghi hết sức đặc biệt đối với nhiệt độ và khô hạn. Vỏ thân mềm của một số họ trong vùng triều thể hiện hô hấp nội vòng hoặc tách đỉnh.

Sự phân vùng của nhiều loài cua Ocypodid nhỏ liên quan với kích thước hạt của nền là nguồn thức ăn và khả năng đào hang của chúng. Kích thước hạt nền và hàm lượng hữu cơ, thực vật ngập mặn, độ mặn và ngập triều là những nhân tố chính tác động đến sự phân bố, phân vùng, mật độ của các loài *Uca*. Sự phân bố của trầm tích cũng tác động tới phân vùng của loài này. Hầu hết chúng đều ăn tảo si lic hoặc các hạt xác hữu cơ, xác thực vật phân huỷ. Cua lựa ra các hạt và chỉ ăn một số, những hạt còn lại được vo viên có hình cầu.

Cua *Uca* đực chỉ dùng càng nhỏ nhặt các hạt trầm tích, còn cua cái, cũng như con đực cái của các loài cua khác đều dùng các càng luân phiên nhau. Mặt trong đốt ngón (dactylus) của càng này hơi lõm xuống như một cái thìa xúc bùn rồi chuyển vào miệng bằng phần phụ miệng thứ nhất và thứ hai. Các phần phụ này có chức năng đặc biệt khi lựa chọn kích thước hạt trầm tích. Các phần phụ này một số có dạng thìa, một số là các lông cứng. Các lông cứng nằm ở mặt ngoài phần phụ miệng thứ nhất giống như một cái bàn chải. Nếu loài này sống trên môi trường cát thì các phần phụ dạng thìa nhiều và lớn hơn ở các loài sống trong trầm tích hạt mịn.

Dòng nước được bơm từ vòm mang ra cũng giúp cho việc chọn lựa các hạt trầm tích. Các lông cứng hình thìa giữ lại các hạt cát trong khi " bàn chải" của phần phụ miệng thứ nhất tách tảo si líc trên bề mặt của hạt cát. Như vậy cả mùn bã thực vật, trầm tích và tảo si lic đều theo dòng nước đi vào miệng. Cát cùng với các hạt trầm tích lớn hơn lắng xuống đáy khoang miệng cùng với chất nhầy tạo nên các viên tròn. Nước quay trở-lại vòm mang qua một lỗ ở gốc phần phụ thứ 3. Các loài còng như *Uca dussumieri* và *U. urvillei* ăn các hạt bùn mịn có rất nhiều lông cứng hình thành một bộ lọc nằm ở gốc phần phụ miệng thứ 3 có chức năng cận lại trầm tích từ vòm mang đi vào.

Loài còng *Macrophthalmus depressus* lại không sống trong hang mà vùi mình trong cát chỉ để hai cuống mắt nhô lên. Phần phụ miệng có chức năng như một cái rây giữ lại các xác thực vật và phù du trong nước. Rõ ràng là những đặc điểm thích nghi này liên quan đến những động vật kiếm ăn trên trầm tích hơn là các động vật rừng ngập mặn. Tuy nhiên, những loại trầm tích là thức ăn phù hợp cho cua lại tập trung nhiều trong rừng ngập mặn.

Loại cua kí cư (mượn hồn) như *Clibanarius taeniatus* và *C. virescens* sống trên bãi bùn có rừng ngập mặn ăn xác hữu cơ thực vật, phần phụ cũng thay đổi với chức năng lọc. Ngược lại, cũng loại cua kí cư khác như *Paguristes squamosus* và *Dardanus setifer* khi sống trên cát thì ăn những con mồi lớn hơn bằng cách sử dụng càng để bắt và xé thức ăn. Loại cua bùn *(Scylla serrata)* sử dụng các

phần phụ miệng để nghiền thức ăn là các loài hai mảnh vỏ, chân bụng và cua nhỏ. Càng lớn và khỏe được sử dụng để nghiền xé bất kỳ con mồi nào, (có thể khá lớn), thành các mảnh nhỏ và đưa vào miệng.

2.2.2. Thích nghi tập tính

Đa số loài động vật trên đều sống kín đáo trong hang hoặc dưới các khúc gỗ mục để tránh bị khô, trốn tránh kẻ thù đặc biệt là chim. Cũng có nhiều loài phát triển hệ sắc phổ cho phép chúng thay đổi màu, lặn xuống bùn hoặc trốn vào cây ngập mặn, như ở cá thoi loi chẳng hạn.

Nhiều loài như cua bùn *(Scylla serrata)* và tôm hùm bùn *(Thalassina)* đào hang trong bùn, các hang của tôm hùm hình thành nên các ụ rất lớn. Các hang này giúp cho động vật có khả năng sống trong điều kiện bùn thiếu ô xy trong khi miệng hang vẫn cho nước và không khí đi qua. Trong đáy các hang thường xuyên có nước nên các loài này vẫn thường xuyên được cung cấp thức ăn và hô hấp. Bằng cách này các loài động vật có thể thích nghi rất hiệu quả đối với các môi trường ngập triều ven biển.

Nhiều loài động vật đào hang thường hoạt động mạnh vào ban đêm hơn là ban ngày, đặc biệt là cua (Hutchings và cộng sự 1974), chúng thường hoạt động tích cực vào mùa hè hơn là mùa đông, điển hình là loại cua bùn *(Scylla serrata)*.

Hang của các loài giáp xác có một vai trò hết sức quan trọng, chúng cung cấp nơi ở, nguồn thức ăn cũng như xác định lãnh thổ chủ yếu vào mùa giao phối (Macnae 1968). Một hang có thể chỉ có một chức năng nhưng cũng có khi kết hợp nhiều chức năng. ở rừng ngập mặn Việt Nam hiện biết có khoảng 20 loài cua thuộc họ Ocypodidae phân bố trong các rừng ngập mặn (P.Đ. Trọng, 1996), chúng sử dụng hang là nguồn dự trữ nước cần thiết và nguồn thức ăn, trong khi các loài *Upogebia sp.* và *Callianassa sp.* thuộc họ Calianasidae lọc dòng nước đi qua hang, thu gom các loại phù du và các chất hữu cơ thực vật lơ lửng làm thức ăn. Chẳng hạn như hang của tôm bọ ngựa stomatopod (*Squilla choprai*) chứa các ấu

trùng đang phát triển, còn lỗ cua *Ilyoplax delsmani* có vai trò bảo vệ tất cả các giai đoạn trong vòng đời. Điều này cho thấy toàn bộ vòng đời của một số giáp xác rừng ngập mặn có thể thực hiện trong hang

Khi nghiên cứu các hoạt động đào hang của cua, một số công trình nghiên cứu cho thấy số lượng hang khá hạn chế. Mặc dù mật độ cua đôi khi vượt quá số lỗ nhưng số lỗ lại phụ thuộc vào thể nền khác nhau. Cua lại là con mồi của nhiều loài chim và cá nên những cá thể nằm trong hang thì an toàn hơn trên mặt đất, nhất là khi mật độ vượt quá số lỗ hoặc do vào nhầm hang. Khi đã có số hang tối đa trên một thể nền thì cua không đào hang nữa mà trú nhờ vào hang một con khác. Có thể nếu đào thêm hang thì đất sẽ sụt, cua có lẽ cảm nhận được điều này mà người ta vẫn chưa giải thích được, ở những vùng này sinh vật săn mồi là nhân tố điều chỉnh mật độ.

Loài cua *Uca musica terpsichores* có tập tính săn đuổi những con bên cạnh đi và dùng cát bít hang mình lại. Khi trưởng thành, những con đực chui ra khỏi hang và thực hiện giao cấu khi nước triều rút. Một số tác giả cho rằng việc bít lại hang là biện pháp đầu tiên mà con đực muốn khẳng định lãnh thổ của mình. Tương tự như vậy, ở loài cua ma *Ocypode* chúng lại đi bịt các hang bên cạnh để đảm bảo một khoảng không tối thiểu xung quanh các hang của chúng. Cơ chế này rất quan trọng trong việc kiểm soát khoảng không và phân bố của cua ma.

Còng *Uca* thường gặp trong rừng ngập mặn và các bãi bùn cát có tập tính thiết lập lãnh thổ và bảo vệ rất quyết liệt. Các con đực có những hệ thống tín hiệu khá phức tạp qua những cái càng to, màu sáng bóng. Một số loài có hệ thống giao cấu theo kiểu đa thê (một con đực giao cấu cho nhiều con cái, nhưng con cái chỉ thực hiện có một lần). Mỗi con đực cung cấp một hang cho người bạn đời để giao phối và ấp trứng. Người ta đã tiến hành cho cua đẻ trong điều kiện thí nghiệm, nhưng tỉ lệ chết của ấu trùng rất cao.

Ở *Uca* ít nhất có hai cách tiếp cận của con đực với con cái. Hầu hết các loài thể hiện kiểu "bất cần", các con đực ra đứng cạnh

hang và chui tọt vào hang khi có một con cái muốn gần gũi. Con cái này có quyền lựa chọn hoặc chui vào hang này mà mọi thứ đã sẵn sàng hoặc "quên" đi con đực đó. Loại thứ hai " ve vãn" lôi kéo con cái vào hang để gần gũi bằng những động tác chào biểu diễn, sau đó thì dùng càng lớn quắp con cái vào hang và tiếp tục gần gũi. Thời kỳ giao phối của của còng Uca thường trùng với triều kiệt vào buổi sáng muộn. Vào thời gian này nền bùn thường khô, nhiệt độ cao, độ ẩm thấp, nhưng triều kiệt cũng sẽ gây hậu quả không tốt về nguồn thức ăn.

Loại cua lính *(Mictyris longicarpus)* thường tập hợp lại với số lượng lớn di chuyển trên bãi khi nước triều cạn, chúng chui xuống hang rất nhanh để trốn tránh kẻ thù. Chúng cũng có mai rất cứng giúp cho việc trốn tránh kẻ thù và khí hậu khô nóng. Các ấu trùng non của *Mictyris* thường gặp trên những dải cỏ biển, sau đó, khi trưởng thành bơi dần vào bờ.

Một số loại cua khác lại có tập tính di cư, như ấu trùng cua bùn *(Scylla serrata)* . Loại ấu trùng của này dừng lại trên các dải cỏ biển hoặc giữa các rễ thở cây ngập mặn vào mùa xuân hoặc đầu mùa hè. Chúng đào những hang nhỏ và kiếm ăn. Vào cuối hè chúng lớn lên rất nhanh. Trong suốt mùa đông chúng chuyển vào các vùng rừng ngập mặn khi triều cao để kiếm ăn. Tuy nhiên, đối với các vùng rừng ngập mặn nhiệt đới cua con thường xuất hiện quanh năm, đặc biệt vào các tháng cuối mùa hè. Mặc dù còn rất ít công trình nghiên cứu nhưng người ta thấy trong mùa gió bão ở ven biển Bắc Bộ, cua con thường xuất hiện khá nhiều trong vùng rừng ngập mặn để trú ẩn.

Các hang cá thoi loi có khá nhiều chức năng kể cả trốn tránh kẻ thù, triều cao, khô hạn và tạo điều kiện cho sinh sản. Mặc dù loài này cũng thể hiện tập tính xác định lãnh thổ, nhưng phụ thuộc vào kích thước và thứ bậc loài, có thể thấy sự khác nhau về mặt hình thái giữa các loài.

Một số loài thân mềm chân bụng lại sống trong các hang cũ của hà (thân mềm hai mảnh vỏ) chỉ hoạt động tích cực vào ban đêm hoặc khi trời nhiều mây. Loại cá sứa *Cassiopea* thích nghi với kiểu

sống chờ thời nằm úp xuống mặt bùn cho phép ánh sáng tối đa cho tảo quang hợp trong các mô của chúng. Sự cố định của các loài ăn lọc như sò và hà đều thích nghi với môi trường phía trước rừng ngập mặn.

Khu hệ động vật mà cơ thể mềm như giun nhiều tơ và sá sùng sipunculans đào hang và sống trong đó với những túi nước được giữ lại khi triều rút. Hầu hết giun nhiều tơ đều xây tổ hình ống; còn các loài thuộc họ Serpulidae tiết ra các ống có chất đá vôi gắn vào giá thể, trong khi các loài thuộc họ Spionidae, Nereididae và Terebellidae lại làm thành các ống chất nhày trong thể nền nửa tạm thời. Các ống này giữ được độ ẩm trong suốt giai đoạn triều rút hạn chế sự khô hạn và chủ yếu là tạo điều kiện cho hô hấp. Loài sá sùng sipunculan *(Phascolosoma arcuatum)* đào hang sâu dưới mặt bùn tới 25 cm tạo nên nhiều đường ngoằn nghèo, nhiệt độ trong ngày và độ mặn ở độ sâu này rất ít dao động.

Phascolosoma arcuatum thường kiếm ăn vào ban đêm, khi triều xuống, chúng tạo ra các dòng nước kéo theo các hạt trầm tích mịn từ trầm tích vào xúc tu rồi đưa trầm tích vào miệng. Loài này có thể sống sót trong một giai đoạn thiếu ăn khá dài. Ở các cửa sông vùng nhiệt đới thường có một số lượng lớn nước ngọt được mang xuống vào mùa mưa, các loại giun này có thể bị nổi lên và không ăn, có thể nổi liên tục tới 24 ngày trong điều kiện thí nghiệm, nhưng trên thực địa chưa bao giờ thấy giun ăn, trừ khi vào ban đêm khi triều thấp.

2.2.3. Thích nghi sinh sản

Như đã đề cập đến trong phần tập tính, Còng *Uca* hình thành những tập tính phức tạp trong giai đoạn cặp đôi, điều này cho phép nhiều loài cùng chia sẻ một môi trường. Cá thoi loi thì lại tạo lên một tuyến đường và điệu nhảy trong ngày 'cưới' của mình, dẫn con cái vào hang rồi quá trình giao phối được thực hiện. Tuy nhiên, hiện tượng này có xảy ra ở các loài khác không, hiện vẫn chưa được nghiên cứu.

Một số loài thể hiện tập tính bảo vệ sau khi giao phối nhằm đảm bảo cho ấu trùng sống sót và được phát tán an toàn. Chẳng hạn

như, loài cua *Sesarma erythrodactyla* và *Paragrapsus laevis* di cư tới những vùng thấp hơn của rừng ngập mặn rồi đẻ trứng. Cua bùn *(Scylla serrata)* thực hiện việc di cư trong suốt vòng đời của mình. Sau khi giao phối vào mùa hè, con cái di chuyển ra vùng nước sâu xa bờ tới 30 km với độ sâu 300m. Cũng như tất cả các loại giáp xác mười chân (Decapoda) khác, nó đẻ ra một số lượng lớn trứng mang theo trên phần bụng dưới và ấp cho đến giai đoạn phù du thì phóng thích ra. Ở loài này có 5 giai đoạn biến thái gồm 4 giai đoạn zoea và một giai đoạn megalops, tất cả thời gian mất từ 4 - 6 tuần. Đến giai đoạn megalops chúng di chuyển dần vào cửa sông, đầm lầy rừng ngập mặn và biến thái thành cua con. Hiện tượng di cư của con cái có thể giúp cho việc phát tán ấu trùng và cũng có thể liên quan với áp lực của kẻ thù giữa vùng nước sâu và hệ sinh thái cửa sông. Phần lớn các loài Decapods biển, kể cả sống trong vùng đầm lầy cửa sông đều có những giai đoạn ấu trùng dạng phù du.

Loại cáy Sesarmid sống trong rừng ngập mặn ở châu Phi có loài *Aratus pisonii* đẻ và di cư ra biển theo tuần trăng. Trứng được gắn vào chân con cái để ấp và phát triển, giai đoạn này trùng với tuần trăng non và trăng tròn, triều cao. Khi ấp trứng thì con cái di cư vào những vùng nước nông hơn trong vùng rừng ngập mặn và phóng thích ấu trùng mới được ấp vào trong nước. Tất cả các trứng này đều được ấp đồng thời nên có thể giúp cho con cái chi phí thời gian tối thiểu trong nước để phóng thích ấu trùng; các con cái thường rất dễ nhạy cảm đối với kẻ thù trong thời gian này. Dường như các loài decapods thường có chu kỳ sinh sản trùng với tuần trăng. Rõ ràng là tập tính phóng thích ấu trùng vào thời điểm triều cường sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho việc phát tán.

Ấu trùng của cua *Uca* và một số loài Sesarma được ấp trong nước có độ mặn thấp và chuyển xuống vùng cửa sông, sau đó chuyển xuống sống ở đáy và lại quay trở lên khi vào giai đoạn megalops và cua nhỏ, cuối cùng đến sống ở môi trường đầm lầy khi trưởng thành. Một loài cua rừng ngập mặn khác là *Aratus pisonii* gặp ở vùng Caribê thường di chuyển sang các vùng nước kế bên vào cuối giai đoạn ấp trứng rồi sau đó phóng thích ấu trùng. Vào

cuối pha sống ngoài biển khơi các cua con lại quay trở lại rừng ngập mặn.

Như đã đề cập ở trên, một loại cua thuộc họ Ocypodida là *Ilyoplax delsmani* lại thể hiện toàn bộ vòng đời của mình trong hang. Biện pháp này xem ra khá hữu hiệu đối với các loài cua nhỏ được bảo vệ trong môi trường thuỷ vực nếu được sống trong hang không phụ thuộc vào điều kiện ngập triều.

Một số loài giun nhiều tơ thuộc giống Spirorbis và họ Spionida lại thể hiện một trạng thái ấp trứng kéo dài, trong khi loài *Ceratonereis aequisetis* thuộc họ Nereidida vùng rừng ngập mặn và cửa sông lại để con non trong một ống chuyên biệt của con trưởng thành giúp cho việc hạn chế giai đoạn ấu trùng kiểu phù du (Hutching s và cộng sự, 1985).

Giống như Decapods một số thân mềm sản sinh ra ấu trùng bơi lội tự do, điều này cũng được thể hiện ở phần lớn các loài chân bụng và hai mảnh vỏ sống trong vùng rừng ngập mặn. Các quần thể này đẻ trong 2-3 ngày vào giai đoạn trăng non và trăng tròn từ tháng 11 đến tháng 4. Quá trình này trùng hợp với thời kỳ triều cao nhất trong mỗi tuần trăng. Trứng phát triển trong khoang vỏ áo của con cái và được ấp trong đó. Mỗi con cái có thể đẻ đến vài lần trong mùa sinh sản và có thể đẻ hàng tháng hoặc hai tháng một lần. Mỗi lứa đẻ vào khoảng 20 con. Ngược lại, những loài *Bembicum auratum* thuộc họ Littorinidae khác lại đẻ quanh năm, cao nhất từ tháng tám đến tháng giêng.

Ốc phổi là loại sinh sản lưỡng tính, một số sản sinh ra tinh trùng hoặc trứng luân phiên nhau theo chu kỳ trăng hoặc thuỷ triều. Khi nghiên cứu loài ốc *Cassidula auris-felis* thuộc họ Ellobiidae trong rừng ngập mặn ở Malaysia, Berry (1958) cho rằng cũng giống như các loài thân mềm khác, loài này thay đổi giới tính trong suốt vòng đời của chúng. Điển hình là phần lớn ốc đều cho ra giao tử đực, chỉ có một số ít cho noãn cầu. Số lượng noãn cầu nhiều chỉ xảy ra khi tăng kích thước quần thể sau 8 ngày không ngập nước triều. Hơn nữa, vào kỳ trăng non và trăng tròn thì ốc có nhiều noãn cầu hơn kỳ trăng muộn. Do *Casidula* là loài ăn lọc nên số lượng và

chất lượng thức ăn cũng tác động tới việc sản sinh ra noãn cầu. Đa số ấu trùng các loài ốc phổi bỏ qua giai đoạn ấu trùng phù du mà trở thành các ốc nhỏ nằm trong một khối chất nhày dính (gelatin). Trong một vài trường hợp có hiện tượng sinh con ngay trong ốc cái (Hutching s và cộng sự, 1985).

Một số công trình nghiên cứu về động thái quần xã động vật sống bám trên rễ cây ngập mặn cho thấy không có sự dao động theo mùa. Việc tăng số lượng lại xảy ra quanh năm khi mật độ thấp, và thành phần loài của quần xã khác nhau tuỳ theo loại rễ cây (Saenger và cộng sự, 1980). Khi đã có mặt trên một rễ cây nào đó thì chúng sống ở đó trong nhiều năm và được bảo vệ khỏi sự tấn công của các loài khác. Sự khác nhau về thành phần loài cũng thể hiện theo thời gian. Dao động về độ mặn là nhân tố chính hạn chế sự phân bố của khu hệ sống bám rừng ngập mặn. Loài hầu sống trên đá *(Saccostrea commiercialis)* có thể sống trong nhiệt độ cao khi nằm trên lớp bùn mỏng hoặc trong bóng râm.

Loài sá sùng *Phascolosoma arcuatum* thường đẻ vào mùa hè. Các con non phát triển trong khoang cơ thể (coelum) mẹ trong khoảng từ 5-7 tháng.

2.2.4. Thích nghi sinh lý

2.2.4.1. Dinh dưỡng

Hầu hết sinh khối và năng suất sơ cấp của rừng ngập mặn nằm ở dạng mô các loài thực vật bậc cao, là nguồn thức ăn cho động vật bằng nhiều cách: trực tiếp ăn thực vật, ăn lá rụng khi còn tươi và sau khi phân huỷ thành mùn bã hữu cơ. Hai loài cua sesarmid là *Chiromanthes onychophorum* và *C. dussumieri* trong rừng ngập mặn Malaysia ăn các lá cây ngập mặn mới rụng xuống, nhưng chưa có số liệu chính xác là chúng lấy nguồn dinh dưỡng từ lá hay từ khu hệ vi sinh vật nằm trong các lớp phân huỷ trên lá đó. Một số loại cáy Sesarmid kéo các lá mới rụng để đưa vào lỗ của chúng, điều này chứng tỏ chúng là những loài ăn thực vật hoặc ít nhất cũng là ăn tạp. Ở một số loài Decapods có loại men phân huỷ cellulose, nhưng người ta chưa rõ nó có nguồn gốc từ decapods hay từ vi sinh vật.

Việc cua Sesarmid tiêu thụ các lá vừa mới rụng cho thấy chúng có thể vượt qua được vấn đề tiêu hoá ta nanh (đó là thành phần quan trọng trong tất cả các cây ngập mặn). Ta nanh là loại protít mạnh và can thiệp vào hầu hết các men. Người ta vẫn chưa biết tại sao loại cua này có thể vượt qua được khó khăn này, tuy nhiên cũng có 3 giả thuyết: chúng chọn những lá đã được lọc ta nanh; chúng chọn những loài cây có hàm lượng ta nanh ít; và có thể tiêu hoá được ta nanh về mặt sinh lý.

2.2.4.2. Hô hấp

Một số động vật hai mảnh vỏ và giun nhiều tơ có thể hô hấp yếm khí trong một thời gian khá dài mà không hề xảy ra triệu chứng thiếu ô xy. Sự thích nghi hô hấp của giáp xác hết sức đa dạng nhằm thích ứng với điều kiện thiếu ô xy trong môi trường. Một số loài có thể điều chỉnh quá trình trao đổi chất yếm khí thích ứng với sự giảm hàm lượng ô xy của môi trường xung quanh. Một số loài khác có thể dự trữ ô xy trong thời gian khá lâu như những bọt khí, các khoang chứa có hàm lượng ô xy cao....Một số loài không có khả năng dự trữ ô xy thì lại thích nghi theo hướng hô hấp yếm khí (Hutchings và cộng sự, 1985).

Các loài còng *Uca pugilator* và *U. pignax* sống trong các hang nằm dưới mặt bùn, chúng không cần bơm nước ra khỏi lỗ mặc dù bị ngập hết do chúng có khả năng chịu được áp lực ô xy thấp. Chúng có thể tiếp tục sử dụng ô xy với hàm lượng rất thấp so với các loài không có hang, có thể sống sót trong điều kiện thiếu ô xy thí nghiệm trong vòng 32-138 giờ. Khi quay trở lại điều kiện ô xy thông thường, việc tiêu thụ ô xy của các loài này tăng lên do điều kiện thiếu ô xy lúc trước gây ra. Các loài này thường có hàm lượng lactate cao khi sinh ra CO_2 mà con đường trao đổi chất dựa trên quá trình lên men glycolitic trong trao đổi chất yếm khí. Một cách điển hình là tỉ lệ tiêu thụ ôxy của động vật thay đổi theo chu kỳ triều. Trên thực tế những con còng *Uca* không hoạt động trong hang khi đầy nước triều.

Dường như có hai cơ chế riêng biệt tồn tại trong các loài động vật rừng ngập mặn liên quan với hàm lượng ô xy thấp: cơ chế đầu

là tỉ lệ trao đổi chất giảm làm cho nhu cầu ô xy không nhiều, thứ hai là trong trường hợp ngược lại sẽ gây ra thiếu hụt ô xy, trong trường hợp này động vật lại phải quay trở lại điều kiện hô hấp ô xy thông thường. Loài cua *Carcinus maenas* chuyển từ hiếu khí sang yếm khí (do tăng cường sản sinh ra lactate). Nó điều chỉnh sự hấp thụ ô xy xuống dưới áp lực 20 mmHg. Khi áp lực ô xy tăng lên loài cua này có thể duy trì tỉ lệ thông khí các mang của chúng cho đến khi áp lực ô xy đạt được 60-80 mm, và sau đó lại giảm đi. Loại cua này có thể sống trong điều kiện yếm khí khoảng 2 giờ, sau đó thì sẽ bị tổn thương mà không thể cứu vãn được. Mặc dù có sự giảm năng lượng trong điều kiện yếm khí, việc điều chỉnh ion vẫn được duy trì theo con đường yếm khí. Trong những điều kiện này cua di chuyển rất chậm bởi vậy rất dễ bị kẻ thù tấn công.

2.2.4.3. Điều chỉnh áp suất thẩm thấu

Một số loài động vật rừng ngập mặn có khả năng điều chỉnh áp suất thẩm thấu, nhưng những công trình nghiên cứu về vấn đề này còn không nhiều. Động vật rừng ngập mặn cũng thích nghi với sự dao động của độ mặn, đôi khi cao hơn của nước biển, đặc biệt trong những ngày nắng nóng khi triều thấp. Làm sao động vật có thể sống được trong những điều kiện này? một số động vật chui sâu vào hang có thể tránh được độ mặn như vậy, chẳng hạn như đối với các loài hai mảnh vỏ và sá sùng. Người ta cho rằng ở độ sâu 25 cm trong lòng đất thì độ mặn ít dao động.

Khi gặp độ mặn không thích hợp, các loài hai mảnh vỏ chỉ cần khép chặt miệng lại và không ăn uống gì cả trong một thời gian ngắn. Khi gặp lụt lớn và kéo dài, một số lượng khá lớn động vật bị chết hoặc bị kéo ra ngoài cửa sông. Sự dao động bất thường của độ mặn và ngập lụt sẽ dẫn đến tiêu diệt có thể cả một quần thể nào đó.

Có khá nhiều công trình nghiên cứu về cơ chế điều chỉnh áp suất thẩm thấu của các loài giáp xác rừng ngập mặn. Một số hướng nghiên cứu tập trung vào tính thấm của vỏ ấo đá vôi theo chiều hướng giảm đi so với các loài nội địa sống hoàn toàn trong nước. Chẳng hạn như: hà là loài động vật sống bám thụ động nên không

thể tránh sự thay đổi độ mặn bằng cách trốn đi nơi khác như các loài giáp xác khác. Tuy nhiên, khi độ mặn quá cao hoặc quá thấp chúng có thể đóng miệng lại và không động đậy trong một vài giờ, có khi đến một vài ngày, khi mở ra cả haemolymph (máu) và dịch áo có áp suất tương đương với độ mặn mới bên ngoài. Tại sao chúng làm được chính xác đến như vậy ? cơ chế của nó vẫn chưa được biết. Các loài động vật cửa sông nhìn chung có áp suất thẩm thấu cao do việc hoà tan mặn và tạo nên áp suất thẩm thấu bằng với môi trường nước biển xung quanh có độ mặn cao. Urin cũng có áp suất thẩm thấu tương đồng với haemolymph (máu), trừ khi độ mặn rất thấp thì khi đó lượng u rin hoà tan được sản sinh ra nhiều hơn.

Việc điều chỉnh áp suất thẩm thấu của các loài này là khả năng duy trì áp suất thẩm thấu nội tại ở mức tương đối cân bằng , hoặc là cao (hyper-regulators) hoặc thấp hơn (hypo-regulator) giá trị trung bình. Isopods lại là loài vừa hyper- và hyporegulators nhưng cơ chế cho việc điều chỉnh vẫn chưa được nghiên cứu. Một nghiên cứu rất lý thú về *Sphaeroma* cho thấy tuổi quần thể càng già thì các cá thể điều chỉnh kém mềm dẻo khi độ mặn quá thấp hoặc quá cao và người ta cho rằng đó là dấu hiệu của sự 'già nua'. Sự thay đổi này sẽ dẫn đến di cư của quần thể *Sphaeroma* , tuy nhiên bản chất chi tiết vẫn chưa được nghiên cứu.

Nhìn chung nhóm Decapods có tuổi thọ khá cao, chịu được một số thay đổi độ mặn. Sự di cư có thể diễn ra hàng ngày, hàng năm và theo mùa liên quan đến tìm kiếm nguồn thức ăn và sinh sản cũng như với những thay đổi về độ mặn. Nhóm giáp xác này thể hiện rất nhiều cơ chế thích ứng với sự thay đổi độ mặn. Trong khi đó các loài ít chịu được mặn có thể tránh sốc bằng cách chui sâu trong hang theo tập tính. Điều kiện khô hạn cũng là một trong những nhân tố ảnh hưởng tới sự phân vùng của cua. Khi bị ngập nước ngọt trong một thời gian dài sẽ gây sốc nghiêm trọng, nhưng nếu thời gian ngắn thì không ảnh hưởng tới sự phân vùng, một số loài có thể chịu được sự bất thường này, nhưng cũng chỉ khi độ mặn giảm xuống trong một thời gian ngắn mà thôi.

Hầu như tất cả các loài cua đều có khả năng điều chỉnh áp suất thẩm thấu, điều này không phải luôn luôn tương ứng với điều kiện môi trường mà chúng sống trong đó. Ngoài ra ở một số loài có thể còn có giải pháp khác để giảm gradien thẩm thấu bằng cách giảm khả năng thẩm thấu của haemolymph, giảm khả năng thấm nước và tăng bài tiết u rin. Sự thích ứng này nhằm duy trì thể tích máu và áp lực thuỷ tĩnh học trong giới hạn cho phép. Tuy nhiên, cơ chế này thường hoạt động ở mức rất hãn hữu.

Khi nghiên cứu loài còng *Uca* ở miền Tây nước Mỹ, các kết quả nghiên cứu cho thấy loài này duy trì hàm lượng ion trong cơ thể thấp hơn nước biển. Đó là ưu thế bởi vì nó không thường xuyên thay đổi hàm lượng ion trong máu khi có sự thay đổi trong dung dịch và hàm lượng trong nước. Tuy nhiên, càng duy trì cân bằng hàm lượng ion nội tại càng chi phí nhiều năng lượng.

Loài cua rừng ngập mặn *Goniopsic cruentata* ở Venezuela có khả năng điều chỉnh hàm lượng ion và áp suất thẩm thấu. Cua điều chỉnh hàm lượng Clo trong máu khi hàm lượng bên ngoài thay đổi từ 20-120 % nước biển. Tuy nhiên, loài cua này không thể sống trong điều kiện nước ngọt. Chúng duy trì hàm lượng máu bằng cách điều chỉnh số lượng và hàm lượng u rin ; nước được bảo tồn bằng cách tiết ra những ion không cần thiết. Việc điều chỉnh Clo trong máu thích ứng cả với môi trường vượt quá 120 % nước biển.

Các loài giáp xác rừng ngập mặn điều chỉnh thẩm thấu cao (hyper-regulators) kể cả tăng giảm độ mặn, bằng cách giảm gradien thẩm thấu nhờ giảm tính thẩm thấu của haemolymph (máu) từ đó làm giảm khả năng thấm nước, tăng bài tiết u rin để duy trì thể tích máu và áp suất thuỷ tĩnh nội tại trong một giới hạn thông thường. Một số loài có cơ chế tích cực là có thể hút muối vào cơ thể để thay thế những ion đã mất trong u rin khi cần thiết.

Hàm lượng ion Clo trong dịch coelomic trong mô cơ tươi của sá sùng *Phascolosoma arcuatum* dao động từ 189 - 571 meg/l Cl^- và hàm lượng thẩm thấu tổng số dao động từ 396 - 1135 mOsm/l. Dường như trong điều kiện tự nhiên, bùn nằm trong ruột và bao quanh động vật có tác dụng như vùng đệm cho phép động vật duy

trì trạng thái cân bằng ion (ionic) và thẩm thấu (osmotic) khác nhau từ môi trường xung quanh. Cơ chế như vậy đảm bảo cho việc thích nghi thành công với các vùng địa lý nơi mà dao động của độ mặn thường xuyên thay đổi.

Sự phân bố rộng rãi của những loài như *Phascolosoma arcuatum* có thể do sự thích ứng sinh lý khác nhau. Một số loài có thể điều chỉnh áp suất thẩm thấu khi ngập nước ngọt. Ngoài ra, các loài động vật rừng ngập mặn còn thể hiện khả năng sinh lý chịu khô nóng hoặc trốn tránh bằng thích nghi hình thái và tập tính mà cơ chế của nó vẫn chưa được nghiên cứu. Bản chất của các chất do động vật tiết ra trong các quá trình tự điều chỉnh vẫn chưa được làm rõ. Nhiều công trình chỉ mới dừng lại mô tả khả năng thích nghi của động vật trong điều kiện môi trường thay đổi.

Chương 6
NĂNG SUẤT CÁC HỆ SINH THÁI RỪNG NGẬP MẶN

Từ những năm 60 người ta đã công nhận vai trò hết sức quan trọng của rừng ngập mặn đóng góp vào năng suất vùng cửa sông ven biển. Công trình đầu tiên nghiên cứu trong lĩnh vực này phải kể đến Heald (1969) nghiên cứu năng suất rừng ngập mặn ở Florida (Mỹ), sau đó là các công trình của các tác giả Odum (1971) và Odum và Heald (1975) cho thấy mối liên quan của năng suất đối với các chuỗi thức ăn cửa sông thông qua dòng năng lượng xác hữu cơ thực vật. Hầu hết các số liệu về năng suất sơ cấp tập trung trong các tài liệu nghiên cứu ở vùng nam Florida (Mỹ), chủ yếu là các loài *Rhizophora mangle* và *Avicennia germinans* chiếm ưu thế.

1. NĂNG SUẤT SƠ CẤP

Định nghĩa của Whittaker (1975) về năng suất sơ cấp thuần (NPP) như sau: " đó là một phần còn lại sau khi tiêu phí trong quá trình hô hấp của năng suất sơ cấp tổng số trong quá trình quang hợp của thực vật". Quá trình hô hấp này xảy ra trên toàn bộ các bộ phận thực vật bao gồm lá, thân, rễ. Tóm lại, đó là sự tích lũy tổng số các chất hữu cơ mới trong các mô thực vật trên một đơn vị diện tích trong một đơn vị thời gian (thường được xác định bằng trọng lượng khô) sau khi đã trừ đi phần sử dụng trong quá trình hô hấp. Đôi khi người ta cũng sử dụng khái niệm năng suất sơ cấp tổng số (GPP), là tổng các chất hữu cơ thực vật được tạo ra trong quang hợp mà chưa trừ đi quá trình hô hấp.

Mặc dù cây ngập mặn là thành phần chính đóng góp lên năng suất sơ cấp trong hệ sinh thái rừng ngập mặn, bên cạnh đó còn có

các loài thực vật bì sinh, tảo bám trên rễ thở, trên cây, trên mặt bùn cũng đóng góp phần nào cho năng suất này. Như vậy, đây là sự tái kết hợp của các nhân tố khoáng hình thành các chất hữu cơ qua quá trình quang hợp và các hoạt động trao đổi chất liên quan. Sự phân giải các chất hữu cơ sẽ giải phóng ra các nguyên tố vô cơ rồi lại đi vào tái chu trình. Hai quá trình tổng hợp và phân giải chất hữu cơ thuộc chu trình vật chất có thể đánh giá bằng việc xác định tỉ lệ cố định và giải phóng nguyên tố các bon (khối xây dựng cơ bản) về mặt năng suất và hô hấp.

2. CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐO VÀ XỬ LÝ KẾT QUẢ

2.1. Sinh khối

Sinh khối là tổng trọng lượng các chất hữu cơ của quần xã, hoặc của một loài cụ thể trong quần xã trên một đơn vị diện tích. Nó không phải là số đo trực tiếp của năng suất, mà thực chất nó không thể là chỉ thị cho năng suất. Năng suất là tỉ lệ mà ở đó chất hữu cơ được sản sinh ra trong một đơn vị thời gian, trong khi sinh khối là tổng chất hữu cơ hiện có ở một thời điểm đánh giá. Đối với một giá trị sinh khối nào đó thì năng suất có thể là cao (nếu tỉ lệ chu chuyển cao) hoặc rất thấp (nếu tỉ lệ chu chuyển thấp). Để so sánh cần phải tính tỉ lệ chu chuyển sinh khối. Tuy nhiên, người ta có thể sử dụng sinh khối làm đơn vị cơ bản để so sánh năng suất có tính chất ước lượng.

Người ta cho rằng việc đánh giá sinh khối thường dưới mức thực tế do không thể đánh giá chính xác tác động của động vật. Phần lớn các nghiên cứu về năng suất thường tập trung phần sinh khối trên mặt đất, và trong hầu hết các trường hợp đều cho kết quả tương tự, khoảng từ 5,4 - 18,4 kg/m^2, trừ trường hợp rừng ngập mặn ở Panama và Florida (28,3; 0,9 và 1,0 kg/m^2). Mới đây, đã có công trình nghiên cứu sinh khối trên mặt đất đối với các loại rừng ở các tuổi khác nhau. Sinh khối cũng không thể tăng mãi theo thời gian, lúc đầu thì tăng trưởng nhanh, sau đó giảm dần.

N.H. Trí (1984) đã nghiên cứu đánh giá sinh khối 3 loại rừng đước đôi (*Rhizophora apiculata*) bao gồm rừng già, rừng tái sinh tự nhiên và rừng trồng 7 năm ở bán đảo Cà Mau. Sinh khối tổng số của 3 loại rừng là: 119335, 35159 và 34853 kg trọng lượng khô /ha, trong đó sinh khối rễ dưới mặt đất chiếm tỉ lệ khá lớn: 21225; 3817 và 3378 kg trọng lượng khô /ha (bảng 9).

Bảng 9. **Sinh khối một số loại rừng đước *(Rhizophora apicuta)* ở Cà Mau, năm 1982-3**

Loại rừng		Rừng trưởng thành	Rừng tái sinh tự nhiên	Rừng trồng
Thân	Gỗ	143737	11067	10600
	Vỏ	7740	746	763
Cành	Gỗ	31594	6191	5642
	Vỏ	3956	326	330
Rễ chống	Gỗ	35266	8515	8815
	Vỏ	4183	488	501
Lá		8637	3688	4604
Chồi		543	140	170
Hoa, quả		6191	181	50
Rễ dưới đất		21225	3817	3378
Tổng số		119335	35159	34853

Briggs (1977) đã so sánh sinh khối của *Avicennia marina* ở vùng sông Lane Cove (Úc) với số liệu về sinh khối của quần xã *Rhizophora mangle* trong nghiên cứu của Golley, Odum và Winson (1962). Sinh khối tổng số của quần xã *Avicennia marina* phát triển ở 31° vĩ nam là 28,3 kg/m^2, gấp 2 lần *Rhizophora mangle* mọc trên 18° vĩ bắc (11,28 kg/m^2). Như vậy một phần sự khác nhau này cũng là do tác động của vĩ độ. Tuy nhiên, cũng có thể do tuổi của hai quần xã rừng quyết định; tuổi của quần xã *Avicennia marina* lớn hơn so với quần xã *Rhizophora mangle*. Sinh khối tăng lên theo tuổi rừng.

Tuy nhiên, sinh khối trên mặt đất của một loạt các quần xã rừng ở các điều kiện khí hậu, địa điểm và tuổi khác nhau đều tương tự nhau. Điều này cho thấy ở những quần xã rừng phát triển tốt, kích thước và mật độ cây thường tùy thuộc vào cấu trúc tán. Mặc dù giá trị sinh khối trên mặt đất tương tự nhau ở một loạt các môi trường khác nhau, nhưng sinh khối rễ và rễ thở lại khác nhau khá nhiều. Đối với một số loài, sinh khối rễ thường chiếm 20% tổng sinh khối (Clough và Attiwill, 1982).

2.2. Năng suất lượng rơi

Một phương pháp khác để đánh giá năng suất là đo một thành phần của năng suất sơ cấp thuần là năng suất lượng rơi (lá, cành, chồi, hoa ...) và so sánh kết quả thu được với các hệ thống khác. Lượng rơi của lá đước đôi *(Rhizophora apiculata)* ở bán đảo Cà Mau là 0,5 - 4,15 g trọng lượng khô / m^2 / năm (N.H. Trí, 1984). Trong khi năng suất lượng rơi của *Avicennia marina* ở vùng Sydney (Úc) là 1,2 - 1,5 kg/m^2/năm (Briggs 1977). Số liệu này cao hơn lượng rơi của *Rhizophora mangle* là 0,9 kg/m^2/năm do Heald và Odum (1970) công bố và 0,5 0,9 kg/m^2/năm do Golley, Odum và Willson (1962) công bố. Số liệu cao nhất về năng suất lượng rơi là 28,1 tấn/ha/năm của rừng ngập mặn tại Hinchinbrook, Queensland (Úc).

Ngoài ra, lượng rơi lá sau khi rơi xuống một phần được nước triều mang đi, một phần được giữ lại tích lũy trên sàn rừng, đối với rừng đước đôi *(Rhizophora apiculata)* ở bán đảo Cà Mau là 10 600 kg / ha (N.H. Trí 1984).

2.3. Trao đổi khí ở lá

Một số công trình đo tỉ lệ quang hợp và hô hấp của từng lá hoặc cành cây nhỏ được xem là chỉ thị của năng suất sơ cấp. Từ các số liệu này người ta tính ra năng suất sơ cấp thuần của từng cây và sau đó suy ra quần xã trên một đơn vị diện tích. Từ kết quả nghiên cứu ở Florida, Lugo (1974) cho rằng khoảng 4-10% năng suất sơ cấp tổng số bị mất đi trong quá trình hô hấp của thân và rễ bề mặt

mà nhiều nghiên cứu không tính toán đến nhân tố này. Tuy nhiên, Lugo và cộng sự (1974) vẫn còn chưa tính hết vì các tác giả chỉ đo trao đổi khí của rễ bề mặt (rễ chống và rễ thở), điều này chỉ phản ánh một phần trong toàn bộ hệ thống rễ.

Giá trị về năng suất sơ cấp thuần bằng cách ngoại suy từ mỗi lá và cành nhỏ khi đo là có vẻ hợp lý khi xếp chúng vào loại cây gỗ thuộc chu trình cố định các bon C_3. Trong chương trước, Joshi và cộng sự (1975) lại đưa ra bằng chứng về trao đổi chất C_4. Tuy nhiên, nhiều công trình khẳng định theo hướng chu trình C_3.

Việc ngoại suy từ mỗi lá đo trên đây xuất phát từ giả định cho rằng ở mỗi loài kích thước lá và tỉ lệ năng suất tương tự nhau. Điều này thực tế là không đúng. Lugo và cộng sự (1974) cho rằng kích thước lá cây ở vùng khí hậu lạnh bé hơn. Các cây sống trong điều kiện có mùa đông trên 5°C thì mật độ của rễ chống rất phát triển. Khi nghiên cứu tác động của sốc nhiệt của cây ngập mặn mọc trong nước ấm 30-40°C gần nhà máy điện ở Puerto Rico, Canoy (1975) cho rằng kích thước lá và số rễ chống trên 1 m^2 giảm đi, quá trình trao đổi chất của cây và rễ cũng giảm đi. Độ dày của lá *Rhizophora mangle* thay đổi theo sự dao động của độ mặn.

Lugo và Snedaker (1974) cho rằng các hệ sinh thái rừng ngập mặn tương tự như hệ sinh thái đầm lầy mặn được thể hiện ở 2 quần xã trong những điều kiện tương tự. Đầm lầy mặn tăng khả năng hô hấp quần xã dưới điều kiện sốc nhiệt. Tuy nhiên, tác động tổng thể là tăng mức độ trao đổi chất và chu chuyển các bon; cân bằng giữa năng suất và hô hấp tương tự ở cả hai trường hợp sốc nhiệt và không sốc nhiệt trong các địa điểm nghiên cứu trong đầm lầy mặn. Rõ ràng là cần nghiên cứu chi tiết đối với cây ngập mặn phản ứng đối với sốc nhiệt mà hiện nay còn nhiều kết luận trái ngược nhau.

2.4. Diệp lục, sự giảm thiểu ánh sáng trong rừng

Bunt và Boto (1979) đã tính toán năng suất của rừng ngập mặn bằng cách đo sự giảm thiểu ánh sáng qua tán rừng và giả định rằng điều này phù hợp với việc sử dụng ánh sáng trong quá trình quang hợp. Điều này đã được khẳng định qua các thí nghiệm về các sắc tố

trong lá. Năng suất được tính bằng tỉ lệ đồng hóa trong quang hợp, vào khoảng 26 kg/ha/ ngày. Giá trị năng suất trong quang hợp cao hơn một chút so với năng suất lượng rơi, tuy nhiên một số sản phẩm quang hợp đã được sử dụng cho tăng trưởng của thân và rễ vẫn chưa được tính vào trong kết quả này. Như vậy hai phương pháp đều cho cùng một kết quả. Các tác giả cho rằng phương pháp của họ sẽ có giá trị trong việc đánh giá năng suất sơ cấp của một loạt các loại rừng ngập. Tuy nhiên, có một số sai khác chỉ là do điều kiện môi trường như: lượng mưa, dòng nước ngọt, dinh dưỡng đất và tác động của con người.

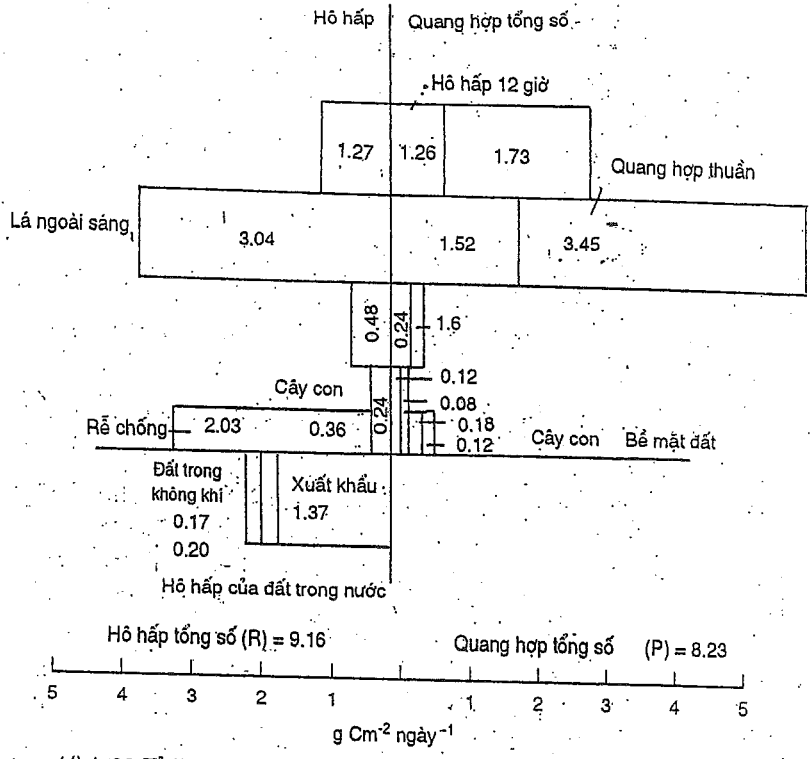
2.5. Sử dụng phối hợp các phương pháp

Khi đánh giá năng suất sơ cấp rừng đước đôi *(Rhizophora apiculata)* ở miền Nam, Thái Lan, Christensen (1978) đã đánh giá tất cả sinh khối các phần thực vật trên mặt đất theo phân đoạn 1m một, và tỉ lệ năng suất lá. Bằng việc kết hợp số liệu này với sự tăng trưởng hàng năm của thân, cành và rễ chống tác giả cho rằng tổng năng suất thuần đạt tới 27 tấn (chất khô) /ha/năm hoặc 6,9 g chất khô tự do (tro)/m^2/ngày, trong đó lá chiếm khoảng 25% tổng năng suất hàng năm. Tuy nhiên, lá có tỉ lệ luân chuyển cao hơn thân hoặc rễ rất nhiều. Như vậy, nguồn chất thực vật liên tục của quần xã rừng ngập mặn chính là lá. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy thời gian sống trung bình của lá đước đôi *(Rhizophora apiculata)* là 18 tháng. Sự phân hủy của lá cũng diễn ra nhanh chóng so với thân và rễ mà có khi phải mất vài năm mới phân hủy hoàn toàn.

3. CÁC NHÂN TỐ TÁC ĐỘNG TỚI NĂNG SUẤT SƠ CẤP

Các nhân tố môi trường tác động đến rừng ngập mặn, cũng đồng thời tác động tới quá trình năng suất của chúng. Có thể phân chia các nhân tố này thành hai loại: nhân tố bên ngoài và nhân tố nội tại. Chúng bao gồm các nhân tố vật lý (ánh sáng, nhiệt độ), nhân tố không gian (vĩ độ) và những tác động về thời gian (mùa, sự khác nhau từng năm). Những tính chất cấu trúc của tán như: chỉ số diện tích lá, sự phân bố và sắp xếp lá đều tác động tới năng suất

qua sự thay đổi nhiệt độ lá và các lớp không khí bao quanh. Mức độ tác động của các nhân tố này khác nhau tùy thuộc vào từng loại rừng ngập mặn. Sự phân bố theo chiều thẳng đứng của sinh khối lá, diện tích lá, diệp lục a và cường độ ánh sáng đều dẫn đến sự khác nhau về năng suất đối với mỗi loại tán (Golley, Odum 1962) (hình 26).



Hình 26. Tỷ lệ quang hợp, hô hấp và xuất khẩu xác thực vật (g C/m²/ngày) trong tháng 5 ở rừng ngập mặn Puerto Rico

Nguồn: Golley, Odum và Wilson 1962.

3.1. Năng suất sơ cấp theo mùa

Đa số các công trình nghiên cứu về năng suất sơ cấp thường chỉ tiến hành trong một thời gian ngắn. Tuy nhiên, ta có thể tham khảo

một trong những công trình nghiên cứu khá chi tiết ở vùng ven biển trong việc đánh giá năng suất lá của 9 loài cây ngập mặn theo từng tháng một (Saenger 1985) được thể hiện trên 5 kiểu hình thành lá và lượng lá rơi như sau:

- Năng suất lá cao và không theo mùa, quanh năm *(Aegialitis annulata)*
- Năng suất lá thấp, không theo mùa, quanh năm, nhưng cao hơn một chút vào mùa hè *(Ceriops tagal và Rhizophora stylosa)*.
- Năng suất lá cao theo mùa *(Aegiceras corniculatum, Osbornia octodonta)*
- Hai loại năng suất lá; năng suất lá giảm trong mùa ra hoa (tháng 10-12) và cao nhất trong các tháng 1-2 *(Avicennia marina)*, do đó năng suất lượng rơi cũng dao động theo mùa (cao nhất vào các tháng 3, 10, thấp nhất trong các tháng 6,7 đối với *Avicennia marina*.
- Năng suất lá cao và rụng lá theo mùa *(Xylocarpus austrasicus, Excoecaria agallocha, Lumnitzera racemosa)*.

Rhizophora ở miền Nam Florida tạo ra 1,8 lá trên một chồi trong 1 tháng hè và rụng xuống 0,25 lá vào mùa đông. Mỗi chồi có chừng 8-10 lá, sự mở rộng tán thông thường là do sự phát triển các chồi mới hơn là tăng số lá trên mỗi chồi. Tuổi thọ trung bình mỗi lá kéo dài 6-12 tháng. Ở miền Nam Thái Lan, năng suất lá *Rhizophora* có 2 đỉnh cực trong một năm, tháng 5-6 là thời gian bắt đầu mùa mưa, gió mùa tây nam; và tháng 11 là thời gian kết thúc gió mùa. Tuy nhiên, lượng lá rơi lại không thay đổi theo mùa. Tuổi thọ trung bình của lá vào khoảng 18 tháng (Christensen 1978).

Năng suất sơ cấp không chỉ dao động theo mùa mà còn dao động trong ngày vì tỉ lệ quang hợp phụ thuộc vào ánh sáng ngày và kiểu khí hậu khu vực. Thông thường năng suất sơ cấp tăng lên khi tăng cường độ bức xạ mặt trời. Năng suất cây ngập mặn cũng phụ thuộc vào nhiệt độ không khí và độ ẩm, hai nhân tố này là tác nhân

chính ảnh hưởng tới nhiệt độ lá, thoát hơi nước và quang hợp. Một số tác giả cho rằng mặc dù các nhân tố như ánh sáng, độ ẩm và nhiệt độ chắc chắn ảnh hưởng tới năng suất sơ cấp theo mùa và sự hình thành lá, còn một số nhân tố nội tại khác như vòng tăng trưởng gỗ ở *Avicennia* lại do điều khiển nội sinh.

Năng suất sơ cấp cũng như sự thích ứng đối với các nhân tố môi trường ở mỗi loài khác nhau. Chẳng hạn như trong một vùng có hai loài *Rhizophora mangle* và *Avicennia germinans* thì năng suất sơ cấp của *Rhizophora mangle* cao hơn do diện tích bề mặt lá lớn hơn. Năng suất của *Avicennia germinans* sẽ cao hơn các loài khác ở những vùng chúng là loài ưu thế. Có lẽ sự phân vùng các loài cây ngập mặn cũng liên quan đến sự phân vùng của chúng về tỉ lệ quang hợp, hô hấp, và thoát hơi nước. Sự thích nghi của mỗi loài ở mỗi vùng là sự thể hiện khả năng hấp thụ cao nhất năng lượng mặt trời, nguồn dinh dưỡng, thủy triều v.v... (Lugo và cộng sự 1975).

Tính chất trao đổi khí cũng khác nhau theo mùa thể hiện qua sự thay đổi về tăng trưởng lá và lượng rơi dẫn đến những thay đổi trong năm về tỉ lệ năng suất sơ cấp thuần. Điều này liên quan đến quang hợp và hô hấp do ảnh hưởng của sự thay đổi nhiệt độ và bức xạ mặt trời. Năng suất sơ cấp thuần hàng năm *của Avicennia germinans* ở vịnh Westernport có thể đạt 67 % vào mùa hè và mùa xuân, chỉ có 15% vào mùa đông. Như vậy, tỉ lệ tăng trưởng khác nhau theo mùa khá rõ.

3.2. Tác động của chế độ thủy triều tới năng suất

Chế độ triều ở một vùng cửa sông, ven biển có vai trò quan trọng trong việc xác định tỉ lệ vận chuyển ô xy tới hệ thống rễ. Độ ngập triều cũng ảnh hưởng tới tỉ lệ lắng đọng trầm tích hoặc xói lở, sự trao đổi vật lý của nước trong đất. Khi nước triều rút kéo theo các chất sun phít độc hại và có thể làm giảm hàm lượng muối của nước trong đất. Thủy triều còn vận chuyển các chất dinh dưỡng

được tạo ra trong các chuỗi thức ăn phân hủy rồi đưa tới các vùng rễ cây ngập mặn.

Tuy nhiên, chưa có nhiều tài liệu công bố về tác động của chu kỳ triều ảnh hưởng của tỉ lệ quang hợp. Trên thực tế, do tác động của chu kỳ triều sẽ dẫn đến sự khác nhau về độ mặn (8-30‰), như vậy năng suất tổng số tăng lên khi nước ngọt được cung cấp nhiều hơn, trong khi tỉ lệ hô hấp thì tăng lên tỉ lệ thuận với độ mặn cao. Điều này phản ánh các quá trình sinh lý được tăng cường thích ứng với độ mặn cao hơn.

Thông thường, thực vật sống trong môi trường độ mặn cao đều có xu hướng thoát hơi nước kém hơn so với môi trường ít mặn hơn. Sự chi phí sinh lý của quá trình thích nghi này cho thấy năng lượng trao đổi chất liên quan với quá trình thoát hơi nước, đó là sự hạn chế tổng lượng nước mà thực vật hút được chuyển qua cân bằng áp suất thẩm thấu trong môi trường của chúng. Như vậy, trong điều kiện độ mặn cao thì sẽ dẫn đến năng suất sơ cấp giảm.

Từ kết quả nghiên cứu trên cho thấy phương trình tuyến tính giữa tăng độ mặn (18-30‰) và quá trình hô hấp, nhưng đối với tăng năng suất thì không. Đồ thị mối quan hệ giữa động thái trao đổi chất ở cây ngập mặn và gradien thủy hóa và thủy triều có dạng chữ U. Ở 2 đầu, chi phí năng lượng cho việc duy trì sự sống khá cao và hầu hết năng suất được sử dụng trong quá trình hô hấp (tự duy trì). Hai đầu này cũng thể hiện hoặc là dinh dưỡng cao và biên độ triều thấp, hoặc là dinh dưỡng thấp và biên độ triều cao. Phần giữa chữ U thể hiện năng suất thuần cao nhất do dinh dưỡng và biên độ triều thích hợp.

Gradien áp suất thẩm thấu giữa nước trong đất và hệ thống mạch trong cây sẽ tác động tới tỉ lệ thoát hơi nước ở lá. Độ ngập triều, nguồn nước ngọt quyết định hàm lượng muối của nước trong đất, trực tiếp tác động lên gradien này. Vị trí địa lý và vĩ độ sẽ quyết định nguồn cung cấp nước ngọt. Hàm lượng dinh dưỡng cao trong đất cũng là một nhân tố tác động tới năng suất cao trong rừng ngập mặn, mặc dù tỉ lệ thoát hơi nước thấp do thích ứng với hàm lượng muối cao trong nước biển.

3.3. Vai trò của nguồn dinh dưỡng đối với năng suất sơ cấp

Như đã đề cập trong chương trước, độ ngập triều là nhân tố vô cùng quan trọng trong việc quyết định tỉ lệ năng suất sơ cấp qua việc vận chuyển nguồn dinh dưỡng từ chuỗi thức ăn phân huỷ tới các vùng rễ cây ngập mặn. Các nguồn dinh dưỡng vô cơ trong hệ sinh thái rừng ngập mặn bao gồm: lượng mưa, nguồn nước ngọt từ các vùng rừng lân cận chảy xuống, quá trình cố định đạm, quá trình khoáng hoá (phân huỷ, dị dưỡng đạm và phốt pho hữu cơ thành các dạng vô cơ), dinh dưỡng dạng hạt và hoà tan được nước triều mang đến, quá trình phân giải hoá học trong đất do sự thay đổi độ Eh và pH trong đất, tác động của con người (cải tạo nông nghiệp, thuỷ lợi, chặt phá rừng ngập mặn, nước thải. Sự tăng trưởng của cây ngập mặn phụ thuộc vào nguồn N và P. Phức hệ tổng thể mối quan hệ giữa trạng thái dinh dưỡng của đất, độ mặn và khả năng hấp thu đều liên quan tới sự điều chỉnh tỉ lệ tăng trưởng cây ngập mặn.

Năng suất lá

Clough và Attiwill (1982) đã sử dụng số liệu của Chrristensen (1978) về năng suất lá tổng số của rừng ngập mặn ở miền nam Thái Lan là 556 g/m^2/năm để đánh giá trọng lượng khô dạng tro tự do trung bình là 0,69 g/ m^2, sau đó đổi sang trọng lượng khô tổng số là 437 g/m^2/năm . Ngược lại khi đánh giá năng suất lá thô của Avicennia ở vùng vịnh Westernport (Uc) chỉ có 324 g/m^2/năm trong đó 50% bị mất cho lượng rơi.

Năng suất gỗ

Những số liệu về năng suất gỗ cho thấy sự khác nhau khá lớn, chẳng hạn như 307 g/m^2/năm đối với *Rhizophora* ở Puerto Rico (Golley 1962); 2000 g/m^2/năm ở Thái Lan (Christensen, 1978); 14g C/m^2/ngày hay 10 kg chất khô /m^2/năm ở Malaysia (Wash, 1974), đối với *Avicennia* ở vịnh Westernport (Uc) là 356 g/m^2/năm (Clough và Attiwill, 1982). Từ sự khác biệt trên cho thấy cần nhiều công trình nghiên cứu để khẳng định sự khác nhau này có đúng là đặc trưng cho mỗi loại rừng hay không. Khi nghiên cứu vòng tăng

trưởng gỗ của *Avicennia* cho thấy sự xuất hiện các vòng gỗ là do sự điều khiển nội tại, khác với trường hợp cây *Dyospyros* bị điều chỉnh theo lượng mưa.

Hầu như có rất ít trường hợp đánh giá được năng suất rễ do khó khăn trong việc lấy mẫu cũng như phân loại rễ sống và rễ chết. Rễ cây ngập mặn có một vai trò quan trọng trong việc chu chuyển cũng như tái chu trình các chất hữu cơ và vô cơ. Việc tìm ra phương pháp đánh giá tăng trưởng và tỉ lệ chu chuyển rễ là hết sức cần thiết.

Miller (1972) đã phát triển một mô hình dự báo tỉ lệ quang hợp đối với *Rhizophora* ở miền Nam Florida (Mỹ). Mô hình này cho thấy khi tán lá giảm thì tỉ lệ quang hợp sẽ cao, do giảm được nhiệt độ lá và hiệu quả hấp thu ánh sáng cũng cao hơn.

Lugo và cộng sự (1976) đã phát triển một mô hình dòng năng lượng đối với rừng ngập mặn ở Florida. Mô hình đã được kiểm tra cho thấy kết quả tương tự như đối với các loại rừng khác. Mô hình này còn cho thấy khi rừng ngập mặn khoảng 10 tuổi thì đạt được trạng thái ít thay đổi và dự đoán rằng hầu hết các rừng ở tuổi 20 và 25 thì đạt tới mức thành thục. Điều hết sức thú vị là đó cũng là chu kỳ trung bình của các cơn bão chính ở đây. Họ cho rằng toàn bộ hệ sinh thái đã có quá trình thích nghi lịch sử đối với những giai đoạn khó khăn này.

4. TIỀM NĂNG NĂNG SUẤT SƠ CẤP

Trước khi có ý định nghiên cứu tiềm năng cho năng suất sơ cấp, nhiều người cho rằng có thể ngoại suy từ tỉ lệ hô hấp và chuyển chúng ra năng suất sơ cấp. Sự đánh giá năng suất sơ cấp thông thường chỉ thực hiện được trong một thời gian ngắn, mà sự thay đổi luôn diễn ra trong cả không gian và thời gian. Bởi vậy, những đánh giá như vậy đang còn là một vấn đề nan giải khi so sánh giữa các hệ thống rừng ngập mặn ở các vùng khác nhau trên thế giới.

Hiện còn tương đối ít công trình có ý định xây dựng tiềm năng tổng thể cho năng suất sơ cấp trong đó sự mất mát và thu được thuần về mặt sinh khối (lá, thân, gỗ, rễ, trụ mầm) được cân bằng với năng suất thuần. Năng suất thuần chỉ thể hiện khi quang hợp vượt hô hấp. Golley và cộng sự(1962) là những người đầu tiên có ý định nghiên cứu theo hướng này. Họ đã đo quang hợp tổng số, hô hấp lá, và tổng lượng khí trao đổi qua rễ chống (bảng 10).

Những đánh giá về lượng lá rơi, tăng trưởng của thân, xuất khẩu xác hữu cơ dạng hạt theo thuỷ triều, hô hấp dưới nước, trong đất và trong không khí đã được thực hiện đối với rừng *Rhizophora* ở Puerto Rico. Tuy nhiên còn một số vấn đề không thích hợp về mặt kỹ thuật nên việc chuyển đổi kết quả đã gặp một số khó khăn. Họ tính toán rằng loại rừng này có sản lượng thô tổng số và hô hấp vượt quá 8 g C/m^2/ngày tức là 16 g chất hữu cơ /m^2/ngày. Kết quả này dựa trên số đo trong một vài tuần đã không thấy được tác động của sự thay đổi theo mùa lên năng suất. Quang hợp tổng số đối với các lá ngoài sáng, trong bóng, cây con, và tảo trên mặt bùn là 8.23 gC /m^2/ngày. Hô hấp của quần xã này kể cả sinh vật trong đất là 7.79 gC /m^2/ngày, với 1.37 g/m^2/ngày xuất khẩu ra khỏi hệ thống.

Như vậy trong quá trình nghiên cứu sự mất do hô hấp và xuất khẩu vượt quá tổng lượng được sản sinh trong quá trình quang hợp là 0,93 g C/m^2/ngày. Điều này phản ánh những khó khăn trong quá trình đo đạc. Lugo và cộng sự (1975) đã công bố một mô hình tổng thể về dòng các bon trong rừng ngập mặn ở Nam Florida và tính toán tiềm năng năng suất sơ cấp tổng thể.

Clough và Attiwill (1982) đã đánh giá năng suất sơ cấp thuần bằng cách tổng hợp tỉ lệ hàng ngày của quang hợp thuần và hô hấp trong suốt một năm được tính toán từ đường cong thích ứng ánh sáng, nhiệt độ và bức xạ mặt trời hàng ngày. Lượng lá rơi được đo trong hai năm và năng suất lá được tính từ sự thay đổi về diện tích và số lá. Cuối cùng, tăng trưởng gỗ được tính từ sự thay đổi đường kính cành và tương quan số giữa đường kính với sinh khối.

Năng suất sơ cấp thuần trội hơn tổng sinh khối trên mặt đất, giá trị chênh lệch này được sử dụng để đánh giá năng suất rễ. Những số

Bảng 10. Năng suất lượng rơi của một số loại rừng ngập mặn trên thế giới

Loại rừng	Địa điểm	Lượng rơi (g khô/ha/năm)	Tác giả và cách đánh giá
Rừng đước đôi *(Rhizophora apiculata)*	Phuket, Thailand (8°N)	6.7	Christensen (1978); năng suất lá rụng
Rừng đước đỏ *(R. mangle)*	Puerto Rico (18°N)	4.8	Golley, Odum and Wilson (1962); lượng chất khô xác thực vật
Rừng ngập mặn hỗn giao	Hinchinbrook, Úc (18°S)	3.7 - 28.1	Bunt (1978); lượng rơi
Rừng đước đỏ *(R. mangle)* ưu thế	Nam Florida, Mỹ (25°N)	8.8	Odum and Heald (1975); tổng năng suất lượng rơi
R. mangle, Laguncularia racemosa and Avicennia nitida (syn. germinans)	Nam Florida, Mỹ (25°N)	0.8 - 12.7	Pool. Lugo and Snedaker (1975); lượng rơi
Rừng đước đỏ và cóc vàng (*R. mangle* and *L. racemosa*) ưu thế	Nam Florida, Mỹ (25°N)	1.3 - 10.7	Teas (1976); lượng chất khô xác thực vật
Rừng mắm *A. nitida*	Nam Florida, Mỹ (25°N)	4.9	Lugo and Snedaker (1974); lượng lá rơi
Rừng mắm *A. nitida*	Nam Florida, Mỹ (25°N)	2.9	Teas (1976); lượng chất khô xác thực vật
Rừng mắm *A. marina*	Roseville, Úc (34°S)	5.8	Goulter and Allaway (1979); tổng lượng rơi
Rừng mắm *A. marina*	Westernport, Úc (38°S)	1.62	Clough and Attiwill (1982); tổng lượng rơi
Rừng mắm *A. marina*	Lane Cove, Úc (33°50'S)	12 - 15	Brigg (1979); đánh giá từ sinh khối
Rừng mắm *A. marina*	Salt Pan Creek, Úc (33°51'S)	6.8	Love (1981)
A. marina	Vinh Botany, Úc (34°S)	7.0	Love (1981)
A. marina	Tuff Crater, Niu Gi lân (36°48'S)	3.65 - 8.10	Woodroffe (1982); tổng lượng rơi

Nguồn: Hutching và Seanger, 1987

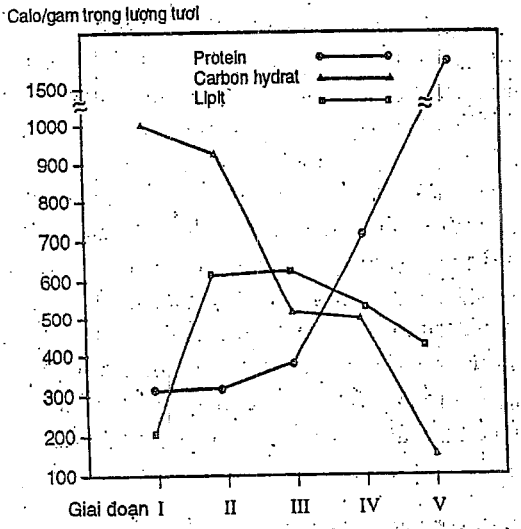
liệu đáng tin cậy cho rằng cứ 4 năm sinh khối lại gấp đôi, tỉ lệ này thấp hơn nhiều so với mức tăng sinh khối lá. Năng suất quả và trụ mầm được đánh giá theo mùa.

Qua các công trình nghiên cứu cho thấy các quần xã rừng ngập mặn nằm trong số các quần xã thực vật biển có năng suất cao nhất. Năng suất lượng rơi của lá cây ngập mặn ở vùng Qeensland (Úc) khá cao (2200 g /m^2/năm, Bunt 1982), nhưng càng xuống phía nam càng giảm (162 g/m^2/năm) ở vùng Victoria. Năng suất lượng rơi chỉ là một phần của năng suất rừng ngập mặn, theo Christensen (1978) thì năng suất gỗ gấp 4 - 5 lần lượng rơi. Nếu điều này đúng thì năng suất rừng ngập mặn cao nhất so với bất kỳ môi trường tự nhiên nào. Chúng có tính chất đặc biệt là nằm giao thoa giữa hai môi trường tiếp nhận chất dinh dưỡng cả những nguồn từ đất liền và biển. Cũng như vậy, ngập nước triều hàng ngày đã bổ sung thêm nguồn cung cấp ô xy và chất dinh dưỡng đồng thời tẩy rửa các chất độc hại. Đây là vấn đề sống còn đối với cây ngập mặn.

5. SINH KHỐI CHO XUẤT KHẨU

Các hệ sinh thái rừng ngập mặn có năng suất cao nhưng thường thay đổi tuỳ theo mùa, vị trí địa lý, các yếu tố vật lý như lượng mưa, nguồn nước ngọt và thành phần loài. Đối với năng suất sơ cấp, một số chất hữu cơ được giữ lại trong thân và rễ hàng năm, lá rơi lại được phân huỷ tại chỗ và đi vào tái chu trình nhanh hơn. Chẳng hạn như lượng lá rơi của *A. marina* thường bị phân huỷ một nửa sau 8 tuần. Sự mất lá do xuất khẩu, các chất hữu cơ dạng hạt vẫn chưa được xác định (hình 27).

Phần lớn các sản phẩm xuất khẩu dạng hạt dở dang, một phần hoặc toàn bộ C và N từ vùng ngập mặn đều do ngập triều. Những chiếc lá cây ngập mặn thường trôi nổi ở ở những khoảng cách khá xa và đôi khi quay trở lại theo nước triều lên, và một số lá vẫn ở lại trong rừng và bị vi khuẩn, nấm và động vật phân huỷ ngay trên sàn rừng (hình 28). Nói chung, thành phần xuất khẩu xác thực vật có thể xác định bằng các nhân tố sau đây:



Hình 27. Sự thay đổi hàm lượng Carbon hydrat, Lipit và Prôtít trong các giai đoạn phát triển và phân hủy của mắm lưỡi đòng (A. officinalis)
1- lá non; 2- lá có khả năng quang hợp; 3- lá vàng và 4- lá phân hủy

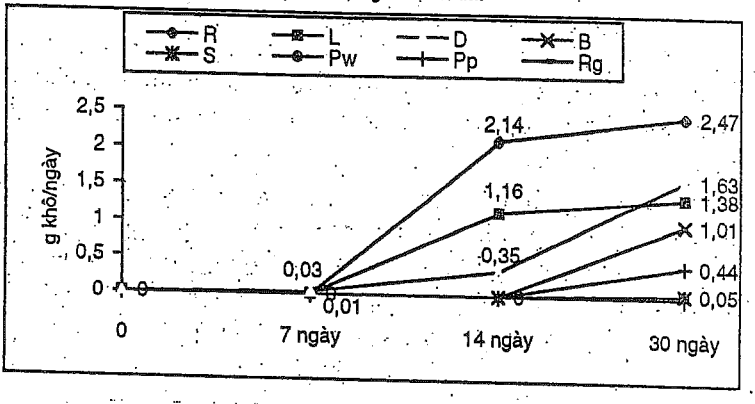
Nguồn: P.N. Hồng và các cộng sự, 1997

- Sự dao động theo mùa của năng suất lượng lá rơi;
- Hoạt động theo mùa của các loài động vật ăn lá thực vật ngập mặn;
- Chu kỳ, biên độ và dao động thuỷ triều trong một chu kỳ triều;
- Nguồn nước ngọt;
- Bão gió;
- Kích thước và cấu trúc cây ngập mặn;

- Địa hình vùng cửa sông, ven biển kề bên rừng ngập mặn (điều này quyết định tỉ lệ ngập);
- Sự có hoặc vắng mặt của cỏ biển ngay phía trước rừng ngập mặn, nơi có thể giữ lại một số xác thực vật rừng ngập mặn.

Các nhân tố này cần phải xem xét trong từng trường hợp cụ thể. Hệ thống rừng ngập mặn không phải là hệ đóng, nó xuất khẩu xác thực vật ra các vùng cửa sông và bị ảnh hưởng bởi các quần xã sinh vật biển và nội địa lân cận.

R: lá mới rụng; L: lá còn trên cây; D: lá khô; B: cành; S: thân; Pw: gỗ rễ; Pp: vỏ rễ; Rg: rễ dưới đất



Hình 28. Tỷ lệ phân hủy một số loại lá, thân và rễ được đôi ở Cà Mau (g khô/ngày)

Chương 7
VAI TRÒ CỦA RỪNG NGẬP MẶN TRONG CÁC HỆ SINH THÁI CỬA SÔNG

Về phía đất liền, rừng ngập mặn có mối quan hệ gắn bó với rừng nội địa. Về phía biển chúng liên quan mật thiết với các đầm lầy mặn, các bãi bùn, bãi cỏ biển hoặc các quần xã cửa sông khác. Dòng nước ngọt đổ từ thượng nguồn ra biển, dòng nước triều từ biển lên xuống các vùng cửa sông đều đi qua rừng ngập mặn. Các dòng nước này vận chuyển vật chất và sinh vật từ quần xã này tới các quần xã khác, và như vậy hệ sinh thái rừng ngập mặn chính là nơi giao lưu giữa các quần xã, kể cả những trường hợp khoảng cách tưởng như rất xa.

Một số mối quan hệ giữa rừng ngập mặn với các quần xã khác đã được đề cập trong các chương trước. Trong chương này chỉ đề cập đến khuôn khổ rộng hơn bao gồm cả rừng ngập mặn trong mối liên quan với các đầm lầy vùng triều và cửa sông cũng như vai trò của chúng trong các hệ thống này. Rừng ngập mặn cũng được so sánh với các quần xã cửa sông và vùng triều khác.

1. RỪNG NGẬP MẶN VÀ CÁC HỆ SINH THÁI CỬA SÔNG

Năng suất sơ cấp rừng ngập mặn là lực kéo cơ bản của hệ thống cửa sông, đóng góp phần lớn cho các hệ sinh thái: đất ngập nước cửa sông, đầm lầy mặn, cỏ biển và bản thân rừng ngập mặn. Phần đóng góp còn lại là do các thực vật phù du và tảo đáy trong vùng nước nông và cửa sông. Tỉ lệ đóng góp của mỗi hệ thống tùy thuộc vào mỗi cửa sông, nhưng phần lớn còn chưa được làm rõ. Cho đến nay người ta vẫn còn nghĩ rằng đất ngập nước vẫn là nguồn đóng góp chính, nhưng mới đây trong công trình của Haines (1979) cho

rằng đóng góp của tảo là cao hơn rất nhiều so với những quan niệm trước đây, ít nhất là trong các vùng cửa sông ven biển Geogia (Mỹ).

Chỉ có một số ít công trình công bố về năng suất các quần xã tảo, với giá trị 400 g/m^2/năm. Do đó , khi thảo luận về các hệ sinh thái cửa sông, người ta coi như không nói đến các quần xã tảo. Tuy nhiên, trong một vài năm tới đây khi đã có các kết quả nghiên cứu về năng suất các quần xã tảo có thể sẽ thay đổi đáng kể các quan niệm hiện nay về các hệ sinh thái cửa sông.

Chúng ta cần nhớ rằng, sau công trình nghiên cứu của Haines (1979) các công trình mới đây đã nhấn mạnh sự thật là mỗi hệ thống cửa sông đều có những đặc tính riêng về các đặc điểm vật lý và sinh học, việc xây dựng các lý thuyết chung về các cửa sông chưa thể đáp ứng ngay được. Các hệ thống cửa sông có sự khác nhau rất nhiều về các đặc tính địa mạo, thủy văn và sinh học. Do đó, kết quả nghiên cứu về năng suất các quần xã, kể cả tảo, cỏ biển ở một cửa sông này khó thể áp dụng cho các vùng khác.

Tỉ lệ năng suất sơ cấp thuần của tảo đáy màu đỏ trong đầm lầy mặn và một quần xã rừng ngập mặn ở Florida là 0,141 và 0,216 gC/m^2/ngày. Năng suất thuần của đầm lầy mặn Georgia (Mỹ) là 2570 - 8970 calo /m^2/năm, năng suất trên mặt đất của lau sậy *(Juncus roemerianus)* ở vòng Bắc Carolina là 754 g /m^2/năm. So với rừng ngập mặn, số liệu về năng suất cỏ biển ở Úc lại có phần phong phú hơn. *Posidonia australis* có năng suất lá khoảng 0,2 và 1,7 g/cm^2/ngày ở New South Wales và miền Nam Úc. *Zostera capricorni* có năng suất trên mặt đất trung bình hàng năm là 512,7 ± 51,3 tấn/năm, có nghĩa là 1,66 ±0,17 tấn /ha/năm ở vùng nước Sydney.

Các nghiên cứu so sánh ở vùng vịnh Botany (Úc) cho thấy các quần xã rừng ngập mặn chiếm 5,78 % diện tích nhưng chỉ chiếm 30,4 % năng suất sơ cấp của vịnh, nếu tính cả đầm lầy mặn và cỏ biển thì chiếm 61,6 % tổng năng suất. Những số liệu này nhấn mạnh tầm quan trọng của đất ngập nước trong các hệ sinh thái cửa sông. Việc đánh giá năng suất cỏ biển và cây ngập mặn phải lớn

dựa trên tăng trưởng của cỏ biển và năng suất lượng rơi. Ngoài ra còn có số liệu về năng suất tảo bám, đầm lầy mặn, tảo đáy và phù du thực vật. Những số liệu của Mỹ và Úc đều cho thấy sản lượng của phù du thực vật là khá cao.

2. CÁC LOẠI CHUỖI THỨC ĂN

Ở biển cũng như trên đất liền, sinh vật sản xuất là thực vật với vai trò chuyển hóa nguồn năng lượng từ ánh sáng mặt trời thành các chất hữu cơ qua quá trình quang hợp. Ở biển có 3 nhóm thực vật chính là: tảo phù du (thực vật đơn bào), cỏ biển (seagrass) hay thực vật hạt kín ở biển và tảo đa bào (seaweed). Các loài thực vật này tạo nên hai chuỗi thức ăn cơ bản trong môi trường biển: *một là* chuỗi thức ăn trực tiếp dựa trên các thực vật sống và loại *thứ hai* là chuỗi thức ăn phân huỷ các mùn bã xác thực vật.

Chuỗi thức ăn phù du thực vật chủ yếu ở các vùng đại dương nơi mà các loài động vật ăn trực tiếp các phù du thực vật sống hoặc khi chết chìm xuống đáy biển. Ở các môi trường nước nông và cửa sông, loại chuỗi thức ăn dựa trên sinh vật đáy và phù du chiếm ưu thế. Ở các cửa sông với thực vật chủ yếu là cây ngập mặn, cỏ biển và các quần xã thực vật đầm lầy mặn khác tạo điều kiện cho sinh vật đáy chiếm ưu thế thì năng suất cao hơn. Độ sâu ở mỗi cửa sông cụ thể quyết định lượng xác thực vật phân huỷ và phù du thực vật đóng góp vào chuỗi thức ăn. Ở những vùng cửa sông nông thì các quần xã đất ngập nước (đầm lầy mặn, cây ngập mặn và cỏ biển) phát triển tốt hơn các cửa sông sâu, bờ dốc.

Trong chuỗi thức ăn phân huỷ, xác thực vật có nguồn gốc từ lá rơi rụng, thảm cỏ biển chết bị phân huỷ thành các chất hữu cơ dạng hạt qua một loạt các giai đoạn, chủ yếu nhờ các loài động vật đáy sử dụng nguồn chất hữu cơ này làm thức ăn. Gần đây người ta cho rằng ở các cửa sông có các quần xã thực vật đất ngập nước lớn thì chuỗi thức ăn chủ yếu là các chất hữu cơ thực vật không sống, trong nhiều trường hợp động vật ở bậc dinh dưỡng thứ hai đều là các loài động vật ăn mùn bã nhiều hơn là các loài động vật ăn lá.

Hannes (1979) cho rằng khái niệm này đã gây ra một sự hiểu lầm về động vật có thể đồng hoá xác thực vật chết một cách trực tiếp hay gián tiếp qua sự tiêu hoá nhờ các loài vi sinh vật sống trong các xác thực vật này. Bởi vậy các chuỗi thức ăn ở các vùng cửa sông được hiểu hết sức đơn giản.

Khi hiểu theo nghĩa hẹp, các loài sinh vật phân huỷ bao gồm vi khuẩn, nấm và giun nhiều tơ có thể đồng hoá xác thực vật chết. Cùng với các loài động vật này là động vật nguyên sinh, giun tròn, và các loài động vật nhỏ tiêu thụ, phân giải xác hữu cơ thực vật. Tảo đáy trong trầm tích và thực vật phù du trong các lớp nước kết hợp chặt chẽ với quần xã vi sinh vật và động vật tạo nguồn thức ăn cho các loài động vật ăn xác thực vật phân huỷ (các loài cua, chân bụng và một số tôm) và một số loài động vật ăn tạp. Gần đây, một kỹ thuật mới đã cho phép kiểm tra nguồn gốc xác hữu cơ mà các động vật vùng cửa sông đã ăn bằng cách sử dụng C^{12} và C^{13} đưa vào phù du thực vật và cỏ biển sau đó xác định tỉ lệ các chất này có trong dạ dày động vật.

Bằng cách sử dụng các bon phóng xạ người ta đã phân loại được các nguồn thức ăn trong dạ dày một số loài động vật thường gặp ở vùng cửa sông, như tôm chẳng hạn. Kết quả cho thấy tôm ở vùng cửa sông ăn xác thực vật phân huỷ từ cỏ biển nhiều hơn là phù du thực vật. Tuy nhiên, việc sử dụng các chất phóng xạ không tìm ra được sự chuyển hoá năng lượng giữa thực vật và động vật, bởi vì không có sự thay đổi về thành phần phóng xạ từ thực vật sống qua sự phân huỷ do vi sinh vật và đồng hoá trong cơ thể động vật. Thực chất các mối quan hệ trong chuỗi thức ăn là hết sức phức tạp, có thể có rất nhiều loài động vật tham gia.

3. QUÁ TRÌNH CHUYỂN HÓA NĂNG SUẤT SƠ CẤP

Trên thực tế chỉ có một số ít loài động vật sử dụng trực tiếp xác thực vật. Fell và Master (1989) đã nghiên cứu vai trò của nấm trong hệ thống phân huỷ thực vật ngập mặn và cho rằng khi có mặt của nấm thì tổng lượng các chất hữu cơ trên lá được tăng lên, và hàm lượng đạm do kết quả của quá trình phân huỷ xenlulo cũng tăng

lên. Hàm lượng các bon ở dạng kết tủa cũng tăng. Tỉ lệ C/N >12 của chất kết tủa cho thấy xác hữu cơ phân huỷ có giá trị dinh dưỡng cao. Khi nghiên cứu quá trình phân huỷ lá *Rhizophora mangle*, các tác giả đã tìm ra một chuỗi các quần thể nấm trong các giai đoạn phân huỷ khác nhau.

Vai trò quan trọng của nấm còn thể hiện ở chỗ nó tạo tiền đề và làm dễ dàng cho các loài động vật đục thân phân huỷ gỗ. Khi nghiên cứu sự phân huỷ các lá khô của cỏ biển *Thalassia* và *Syringodium*, người ta thấy rằng các chất hữu cơ hoà tan nhanh chóng chuyển sang quá trình tổng hợp nhờ vi khuẩn có kích thước mà các sinh vật tiêu thụ loại lớn có thể ăn được. Các quần thể ciliates và flagellates cũng phát triển và ăn các vi sinh vật chưa bị tổng hợp.

Xác hữu cơ thực vật có nguồn gốc từ các loại quần xã thực vật đất ngập nước tham gia vào nhiều quá trình phân huỷ khác nhau và cuối cùng thì đổ vào môi trường nước. Nhiều quá trình phân huỷ lá xảy ra trên bề mặt trầm tích tạo nên các mảnh vụn nhỏ được vận chuyển vào các vùng triều của cửa sông.

Việc các sinh vật tham gia quá trình phân huỷ nằm trên bề mặt các mảnh mùn bã thực vật sẽ nâng cao giá trị dinh dưỡng của xác hữu cơ phân huỷ đồng thời làm dễ dàng cho các giai đoạn phân huỷ tiếp theo. Do cấu trúc phức tạp của thực vật có mạch, khá dai đối với các vi sinh vật phân huỷ, do đó quá trình bẻ gãy các mùn bã này xảy ra khá chậm chạp. Các chất hữu cơ phân huỷ từ tảo đa bào (seaweeds) được loại giun nhiều tơ *Capitella capitata* sử dụng ngay, trong khi đó các loại xác thực vật có nguồn gốc từ thực vật đầm lầy mặn và cỏ biển (seagrasses) cần thời gian lâu hơn thì động vật mới sử dụng được.

Thành phần vi sinh vật có mặt trên bề mặt các mảnh vụn lá phân huỷ tăng lên theo thời gian. Fenchel (1970) cho rằng ở mỗi gam trọng lượng khô xác thực vật có nguyên gốc từ cỏ biển *Thalassia* thì trung bình có 5×10^4 ciliates, 3×10^9 vi khuẩn, 5×10^7 trùng roi nhỏ (zooflagellates) và 2×10^4 tảo silic. Số lượng cao nhất

trong các mẫu phân huỷ là các hạt từ kích thước bé đến trung bình, và thấp nhất là các hạt mới, có kích thước lớn. Đa số các hạt đều có mặt ciliates. Ở các mẫu có tỉ lệ phân huỷ cao thường thấy sự kết hợp giữa vi khuẩn và ciliates.

Người ta thường nhấn mạnh tầm quan trọng của khu hệ động vật nhỏ trong việc chuyển hoá năng lượng từ xác hữu cơ tới các loài động vật ăn xác thực vật phân huỷ, còn vai trò của khu hệ động vật lớn trong việc nâng cao hoạt động của vi sinh vật trong trầm tích thông qua các quá trình đảo lộn sinh học. Khi động vật chết đi, chúng cũng đóng góp vào nguồn mùn bã, cũng như các loại phân, bài tiết của chúng, lại cung cấp nguồn thức ăn cho các loài động vật cửa sông khác. Có nhiều loài động vật tiêu hoá một số lượng lớn các chất thực vật mà vai trò của chúng trong hệ thống này là bẻ gãy các xác hữu cơ thực vật bằng càng, gọng hoặc trong dạ dày của chúng.

Có rất nhiều tác nhân gây ra sự bẻ gãy như vậy mà Amphipods và Isopods được xem như các tác nhân chính. Chúng bẻ gãy lá thành các mảnh nhỏ và sau đó tạo điều kiện cho vi khuẩn và nấm tấn công. Hàm lượng dinh dưỡng của các mảnh này tăng lên làm thức ăn cho các loài động vật ăn xác thức ăn thực vật phân huỷ. Một số loài động vật có được nguồn dinh dưỡng khá lớn từ vi khuẩn, nấm và tảo phát triển trên bề mặt mảnh vụn nhiều hơn là các chất bên trong mảnh vụn này. Các loài động vật ăn mùn bã trầm tích cũng đóng vai trò quan trọng trong quá trình này, đặc biệt là các loài ăn theo kiểu lọc như hai mảnh vỏ và một số giun nhiều tơ.

Khi nghiên cứu và kiểm chứng trong phòng thí nghiệm, Tenore và cộng sự (1973) cho rằng các loài hai mảnh vỏ ăn chất lơ lửng đã lọc khoảng 8 g C / g trong lượng khô động vật / ngày ở những nơi tập trung nguồn thức ăn điển hình của các môi trường ven biển. Về nguồn thức ăn đã được lọc, khoảng 20-30% được tích tụ lại ở dạng phân hoặc cặn bã bài tiết. Các chất hữu cơ trong trầm tích và thành phần của chúng quyết định sự phân bố và mật độ khu hệ động vật hai mảnh vỏ. Khi trong trầm tích có lượng chất hữu cơ tăng thì mật

độ hai mảnh vỏ cũng tăng lên cho đến một thời điểm mà ở đó sự phân huỷ vi sinh vật các chất hữu cơ xảy ra trong yếm khí và có sự dư thừa linhin, sau đó thì mật độ hai mảnh vỏ giảm đi.

Ngoài việc bẻ gãy cơ học xác thực vật, các động vật tiêu thụ lại làm dễ dàng cho việc bẻ gãy tiếp theo bằng những phương pháp khác. Một số công trình gần đây cho thấy các vi sinh vật còn phát triển trên các hạt phân do đi qua dạ dày mà không bị tiêu hoá. Hàm lượng dinh dưỡng các hạt này cũng tăng lên khi có mặt các vi khuẩn. Nếu các hạt này lại được các động vật khác sử dụng làm nguồn thức ăn, thì chúng được tái tiêu hoá hàm lượng dinh dưỡng của hạt lại bị giảm đi do các loài động vật này đã tiêu hoá một phần các vi sinh vật và các chất dinh dưỡng .

Tuy nhiên ,Tenore (1982) lại đề nghị cần thay đổi quan niệm này. Sự thay đổi về hàm lượng dinh dưỡng có thể hoặc không thể phản ánh một sự tăng hàm lượng dinh dưỡng hiện có thực phụ thuộc vào các quá trình khoáng hoá C-N và tích luỹ đạm do vi sinh vật từ các nguồn bên ngoài. Tương tự như vậy, phức hệ các hợp chất N có thể dẫn đến làm tăng hàm lượng dinh dưỡng, nhưng nguồn đạm bên ngoài không thể xác định được trong các động vật tiêu thụ. Rất nhiều công trình nghiên cứu gần đây đã làm rõ vai trò của các hạt phân động vật trong chuỗi thức ăn phân huỷ.

Rất nhiều công trình nhấn mạnh sự cần thiết tối thiểu về tầm quan trọng của xác hữu cơ phân huỷ trong hệ sinh thái cửa sông. Chẳng hạn như, sự khác nhau có ý nghĩa về tỉ lệ ăn và hiệu quả tăng trưởng của loại giun nhiều tơ *Nereis virens* ăn xác hữu cơ phân huỷ có nguồn gốc khác nhau. Những thông tin này vô cùng giá trị cho việc quản lý và đánh giá diện tích nhỏ nhất đất ngập nước cần thiết cho việc duy trì một hệ sinh thái cửa sông. Việc xác hữu cơ trở thành một nhân tố hạn chế hay chỉ điều chỉnh kích thước các quần xã sinh vật đáy thôi thì hiện nay vẫn còn chưa biết.

Một số tác giả đã nhiên cứu sự dao động theo mùa của động vật đáy cửa sông (Hutching và cộng sự, 1974) nhưng chưa tìm ra được sự thay đổi theo mùa của các loài động vật đáy sống trong vùng thảm cỏ biển *Posidonia*. Các quần xã động vật chủ yếu ở đây là các

loài động vật ăn mùn bã trầm tích, đầu tiên là giun nhiều tơ. Chưa rõ là các loài ăn trầm tích này thu được nguồn đạm từ xác hữu cơ phân huỷ hay từ vi sinh vật sống trên bề mặt các hạt trầm tích phân hủy. Chưa có công trình công bố về sự có mặt của xenlulô trong các loài động vật này.

Năm 1977 Tenore đã tổng kết các chuỗi thức ăn trong các quần xã động vật đáy ăn xác hữu cơ phân huỷ. Ông đã nhấn mạnh sự cần thiết về những thông tin liên quan đến giá trị dinh dưỡng của xác hữu cơ phân huỷ đối với động vật đáy và trên các mối quan hệ nội tại này chúng điều khiển dòng năng lượng trong chuỗi thức ăn phân huỷ. Một yếu tố quan trọng cần nhắc lại là tổng lượng lá rơi và tỉ lệ bẻ gãy xác định thời gian mà xác hữu cơ phân huỷ này được động vật tiêu thụ sử dụng. Các nguồn xác hữu cơ phân huỷ sẽ được thảo luận sau.

Rừng ngập mặn

Goulter và cộng sự (1979) đã công bố tỉ lệ bẻ gãy lá *Avicennia marina* là một nửa trọng lượng khô của lá trong vòng 8 tuần trong tháng 5. Tổng lượng lá rơi và phân huỷ xảy ra cao nhất trong các tháng mùa hè. Khi tăng thời gian phân huỷ, tỉ lệ đạm giảm. Lá *Avicennia* có hàm lượng đạm cao hơn *Bruguiera*. Tương tự như vậy, hàm lượng đạm tổng số giảm đi trong suốt quá trình phân huỷ. Nhân tố quan trọng tác động tới tỉ lệ phân huỷ là khoảng cách xa gần đối với kênh rạch thuỷ triều. Sự phân bố của nấm cũng góp phần quan trọng trong quá trình phân huỷ xác cây ngập mặn.

Đầm lầy mặn

Hiện có rất ít công trình nghiên cứu về năng suất và phân hủy thực vật đầm lầy mặn. Teal (1962) cho rằng chỉ có 5 % lau sậy (Juncus) bị sinh vật ăn thực vật tiêu thụ trực tiếp, vào khoảng 45% tổng sản lượng hàng năm được xuất khẩu ra các vùng cửa sông xung quanh dưới dạng xác hữu cơ thực vật. Khi đánh giá về tỉ lệ phân hủy cỏ đầm lầy dựa trên sự mất trọng lượng cho thấy kết quả rất khác nhau: 0,27 g/m^2/năm; 0, 36 g/m^2/năm và 0,49 g/m^2/năm. Haines (1979) cho rằng xuất khẩu chính của năng suất đầm lầy

vùng ven biển phía đông nước Mỹ không phải chỉ có xác hữu cơ thực vật dạng hạt mà là động vật sống trên đó. Thực vật có mạch phân hủy tại chỗ và tảo sống trên bề mặt bùn là thức ăn cho một số lớn các loài động vật vào kiếm ăn trong các đầm lầy mặn khi triều cao. Như vậy, đầm lầy mặn chính là nơi nuôi dưỡng các loài sinh vật cửa sông.

Quá trình bẻ gãy và phân hủy xác thực vật đầm lầy mặn cũng giống như đối với cây ngập mặn. Thông thường các xác thực vật phân hủy nằm trên mặt bùn đáy cùng với tảo đáy tồn tại trong đầm lầy. Có khoảng 98 % các xác hữu cơ thực vật được xuất khẩu ra khỏi đầm lầy tạo nên các phức hợp phân hủy tạo nên môi trường thuận lợi cho khu hệ vi tảo đáy. Chính điều này tạo ưu thế hơn sự phân hủy vi sinh vật trên các xác thực vật có mạch như *Juncus roemerianus*.

Cỏ biển

Hiện nay người ta đã có những thông tin mới về sự bẻ gãy xác thực vật trong vùng cỏ biển ôn đới ở Úc (Kirman và cộng sự 1979), nguồn cácbon bao gồm các thành phần:

- Dao động theo mùa của sinh khối *Posidonia;*
- Tỉ lệ các phiến cỏ biển bị các loài cá và các loài động vật ăn thực vật khác tiêu thụ;
- Tổng lượng xác thực vật lơ lửng (gắn với các lá cỏ biển) trên cơ sở hàng tuần trong suốt 1 năm;
- Tỉ lệ tích lũy các lá già và các loài sinh vật trên trầm tích;
- Các chất bài tiết từ các lá sống và phân hủy của các thành phần không sống đóng góp vào lượng cácbon hữu cơ hòa tan trong nước;
- Tỉ lệ tăng trưởng của cỏ biển trong năm.

Khi nghiên cứu lá *Posidonia australis* trong suốt 1 năm cho thấy lượng các bon mất vượt quá lượng thu được tới 13 %. Điều này cho thấy lượng mất các bon hữu cơ dạng hạt (POC) và các bon hữu cơ hòa tan (DOC) vượt quá mức tăng trưởng của các phần trên

mặt đất. Quả của cỏ biển có thể bị sóng biển đánh trôi dạt trên các bãi biển cách khá xa vùng cửa sông. Các loài động vật ăn thực vật không ăn *Posidonia*, rất ít các loài cá ăn loại cỏ biển này, mà thường chúng lẫn lộn trong hoặc bám trên các nguồn thức ăn động vật.

Các loài chim nước như thiên nga, vịt trời thì lại ăn các phiến cỏ biển, những nguồn thức ăn này thường thay đổi theo mùa. Rùa và vích ở các vùng ven biển nhiệt đới có thể làm đảo lộn một số lượng lớn cỏ biển. Các lá cỏ biển cùng với hàm lượng các chất hữu cơ có trong trầm tích tạo nên phần lớn nguồn các bon hữu cơ dạng hạt (POC) có nguồn gốc thực vật. Các lá này như một bộ xương khi thực vật còn sống, nhờ đó mà vách tế bào và không bào bị vỡ. Ngoài việc đóng góp làm giàu cho trầm tích các thảm cỏ biển tạo nên những bề mặt cho các vi sinh vật phát triển, sau đó là các loài động thực vật khác, cuối cùng là cung cấp nguồn chất hữu cơ hoà tan.

Smith và cộng sự (1980) đã dùng C^{14} nghiên cứu thành phần hợp chất hữu cơ loài cỏ biển Zostera marina và các sinh vật sống bám trên đó và cho thấy thành phần dị dưỡng của quần xã sống bám bao gồm các vi sinh vật sống bám có khả năng sử dụng các chất hữu cơ hoà tan và biến chúng thành các chất hữu cơ dạng hạt. Dường như loại cỏ lươn có khả năng chuyển các chất hữu cơ qua hệ thống mạch và tiết ra cửa sông kể cả các bon và phốt phát. Các phiến cỏ biển phóng thích ra các thực vật bì sinh gấp đôi lượng các bon hữu cơ hoà tan. Nếu các vật chất được tiết ra này được chuyển thành các bon dạng hạt ở một tỉ lệ đồng hoá đã biết thì sản lượng dị dưỡng là một phần của quá trình cố định tự dưỡng. Vai trò của sinh vật dị dưỡng bì sinh rất quan trọng trong việc cung cấp nguồn thức ăn cho các động vật ăn thực vật. Đó là nguồn vật chất dạng hạt mới rất có ý nghĩa trong các chuỗi thức ăn cửa sông.

4. XUẤT KHẨU XÁC HỮU CƠ THỰC VẬT

Phần lớn các xác vụn thực vật và chất hữu cơ dạng hạt được xuất khẩu ra các vùng cửa sông. Người ta đã tìm thấy mẩu vụn lá cây ngập mặn, một số phiến cỏ biển nằm trong trầm tích dưới đáy biển sâu, trụ mầm cây ngập mặn và quả cỏ biển bị sóng đánh trôi

dạt vào bờ ở những khoảng cách rất xa nơi chúng sống. Tổng lượng xuất khẩu phụ thuộc theo mùa, nước triều và lượng mưa. Ở những vùng ôn đới lượng lá rơi được tích luỹ xung quanh gốc và bị bẻ gãy tại chỗ. Khi có gió bão chúng bị đánh dạt lên các bãi biển hoặc kéo ra ngoài hệ thống.

Ở các cửa sông nhiệt đới biên độ triều đạt tới 3 mét thì việc tích luỹ xác thực vật ít xảy ra, hầu hết chúng được xuất khẩu do sóng biển đưa ra các vùng xung quanh, khoảng 10 kg C / ha / ngày. Tuy nhiên, có một số bị bẻ gãy tại chỗ rồi sau đó mới xuất khẩu, đặc biệt ở những vùng năng lượng sóng yếu. Cùng với các hạt có sẵn trong nước triều (1,5 kg C / ha / ngày) thì tổng lượng xuất khẩu là 11,5 kg C / ha / ngày. Một số liệu khác do Lugo và cộng sự công bố (1973) chỉ có 2,5 kg C / ha / ngày.

N.H. Trí (1984) đã công bố lượng xác hữu cơ thực vật xuất khẩu theo con nước triều và ở các địa điểm liên quan tới tốc độ dòng chảy. Chẳng hạn ở các kênh rạch trong rừng khi nước triều rút thì lượng xác thực vật xuất khẩu là 7,56-24,44 g/lít trong khi ở các cửa sông thì tăng lên 8,20-27,19 g/lít, còn khi nước triều lên thì xác hữu cơ thực vật được mang vào theo tỉ lệ: 0,88-2,32 và 1,01-3,40 g/lít. Người ta cho rằng khoảng 60-100 % sản lượng *Siringodium* được mang ra khỏi hệ thống, trong khi chỉ có 1% sản lượng *Thalassia* được xuất khẩu.

Tỉ lệ xuất khẩu xác hữu cơ thực vật dạng hạt (POC) khá cao, nhất là vào mùa mưa cùng với sự đóng góp do nước mưa chảy từ các vùng trên xuống. Vào thời gian giữa hai mùa mưa lũ thì các chất hữu cơ được tích luỹ trong đất và phân huỷ từng phần. Hiện nay còn rất ít các công trình nghiên cứu về tác động của sự dao động nguồn chất hữu cơ xuất khẩu đối với năng suất thứ cấp, nhưng một điều rõ ràng là năng suất đánh bắt tôm, cá ở vùng ven biển tăng lên khi rừng ngập mặn được khôi phục.

5. CÁC KIỂU ĂN TRONG MỘT QUẦN XÃ VEN BIỂN

Theo số liệu mà Odum và Heald công bố (1972) thì có tới 20% mùn bã xác thực vật trong dạ dày các loài cá và động vật không

xương sống ăn thực vật có mạch ở vùng cửa sông. Các tác giả cho rằng xác lá cây ngập mặn đóng vai trò quan trọng nhất trong lưới thức ăn. Trong số 120 loài được nghiên cứu thì có tới 1/3 là các loài ăn mùn bã thực vật. Chúng bao gồm cả các loài động vật ăn thực vật và ăn tạp. Đó là cua, thân mềm, ấu trùng sâu bọ, giun tròn, giun nhiều tơ và một vài loài cá. Có thể các chuỗi thức ăn này cũng tương tự như ở các cửa sông có rừng ngập mặn chiếm ưu thế ở nước ta.

Tuy nhiên, Redfield (1983) cho rằng các chuỗi thức ăn phân huỷ mà Odum và Heald đưa ra đã quá nhấn mạnh vai trò của vi khuẩn. Dựa trên những nghiên cứu ở Úc tác giả cho rằng cần đề cập đến sinh vật tiêu thụ đầu tiên trên lá cây đó là sâu bọ và động vật ăn xác thực vật trên mặt bùn, và sau đó mới là tầm quan trọng của vi khuẩn và nấm. Sự tấn công của sâu bọ khi lá vẫn còn trên cây sẽ đã làm dễ dàng cho việc bẻ gãy khi lá rơi xuống. Sự hoạt động của sâu bọ ăn lá diễn ra mạnh nhất là ở các tán rừng dày và ít ánh sáng.

6. CÁC QUẦN XÃ CÁ CỬA SÔNG

Do tầm quan trọng của các quần thể cá về mặt thương mại của vùng cửa sông nên có khá nhiều thông tin về tầm quan trọng của đất ngập nước này đối với các quần xã cá. Rất nhiều loài cá từ các vùng nước sâu cửa sông đi vào các vùng đất ngập nước nông, rừng ngập mặn để kiếm ăn và tìm nơi cư trú trong suốt giai đoạn triều cao. Sự di cư của ấu trùng và các con non các loài thủy hải sản cũng đến các vùng này kiếm ăn và tránh địch hại.

Khi nghiên cứu khẩu phần ăn của một số loài cá trong kênh rạch rừng ngập mặn như *Acanthopagrus berda, Ctenogobius criniger* (loài chủ yếu ăn thịt), *Andontostoma chacunda* (ăn xác thực vật) và *chelonodon patoca* (ăn tạp) cho thấy hầu hết chúng đều sử dụng kênh rạch như những nơi kiếm ăn và sinh nở. Mới đây Bell và cộng sự (1984) khẳng định rằng môi trường rừng ngập mặn là vườn ươm quan trọng cho các loài cá sống ở các cửa sông và khi lớn thì đi ra biển. Khi kiểm tra dạ dày các loài này thì thấy khẩu

phần ăn rất khác nhau, một số loài ăn tạp cả thực vật và động vật, một số khác thì ăn có chọn lọc.

Các công trình nghiên cứu cũng cho thấy sinh khối vi sinh vật khá cao trong trầm tích rừng ngập mặn và cỏ biển, và sau đó một tỉ lệ lớn năng suất này lại được chu chuyển qua vi khuẩn tới các bậc dinh dưỡng cao hơn. Một số loài như cá đối (*Mugil cephalus*) và tôm *(Metapenaeus bennettae)* sử dụng trực tiếp vi khuẩn có trên trầm tích bùn cửa sông. Trong dạ dày của chúng có khoảng 15-35% các bon hữu cơ.

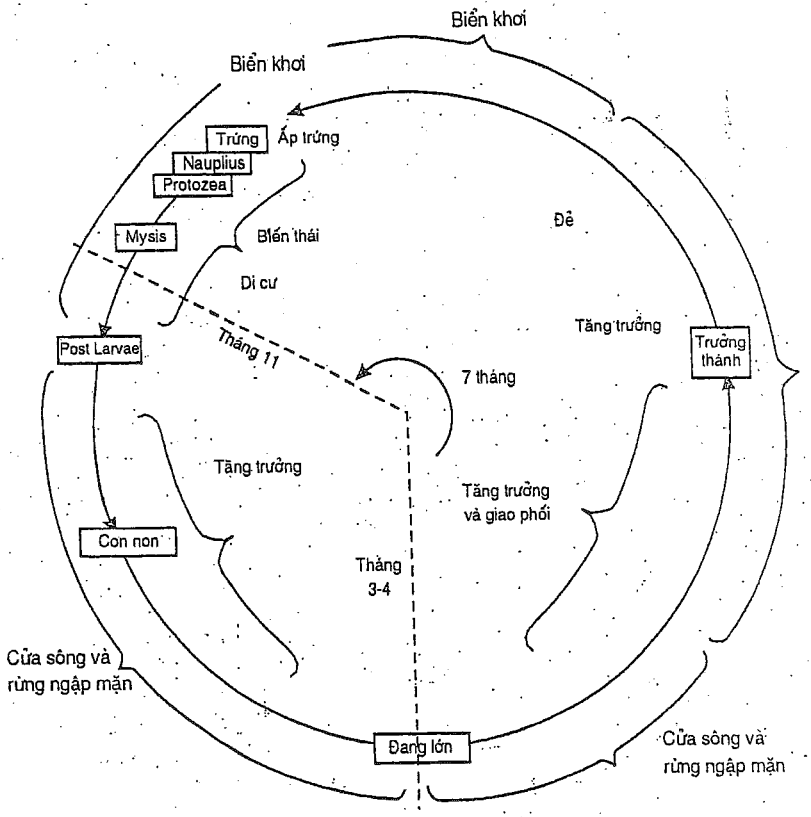
Một số các loài cá khác trong rừng ngập mặn và thảm cỏ biển là động vật ăn thịt, chúng ăn các loại phù du động vật. Do phù du động vật di chuyển theo chiều thẳng đứng của cột nước suốt 24 giờ trong ngày nên cá có thể dừng kiếm ăn ở một thời gian nhất định hoặc chuyển sang ăn các loại chân chèo bám trên mặt đáy. Các loài cá còn di chuyển từ các vùng rừng ngập mặn và thảm cỏ biển tới các vùng san hô bên cạnh.

Công trình nghiên cứu của Odum và Heald (1972) nghiên cứu chi tiết các kiểu ăn của quần xã cá trong rừng đước đỏ (Rhizophora mangle) ở Florida (Mỹ). Họ đã phân tích dạ dày của nhiều loài cá và đi đến kết luận rằng có một số loài ăn xác hữu cơ thực vật phân hủy, nhưng phần lớn là động vật ăn thịt bao gồm các loài động vật đáy và phù du. Khi phân tích hàm lượng các chất có trong dạ dày cá đã cho thấy tầm quan trọng của các quần xã rừng ngập mặn và cỏ biển thông qua mối liên quan giữa sinh vật tiêu thụ bậc một và động vật ở các bậc dinh dưỡng cao hơn đặc biệt là vai trò của các loài giun nhiều tơ và giáp xác.

Như đã trình bày ở trên, một số xác hữu cơ thực vật và dạng hạt được xuất khẩu trực tiếp ra cửa sông. Thành phần này của năng suất sơ cấp không dễ dàng đo được nhưng lại rất quan trọng để hiểu được động thái các quần xã và đánh bắt cá thương phẩm. Một số năng suất sơ cấp cửa sông được xuất khẩu ra ngoài cửa sông bằng chính sự di cư của các loài động vật ra các vùng nước sâu. Về mặt thương mại phải kể đến sự di cư của các loài tôm, cua và cá.

Tôm chuối (*Penaeus merguensis*) thường di cư vào tháng 2 mang theo nguồn năng lượng mà chúng đồng hóa được trong các rừng ngập mặn. Khi nghiên cứu dạ dày 4 loài tôm, Moriarty và

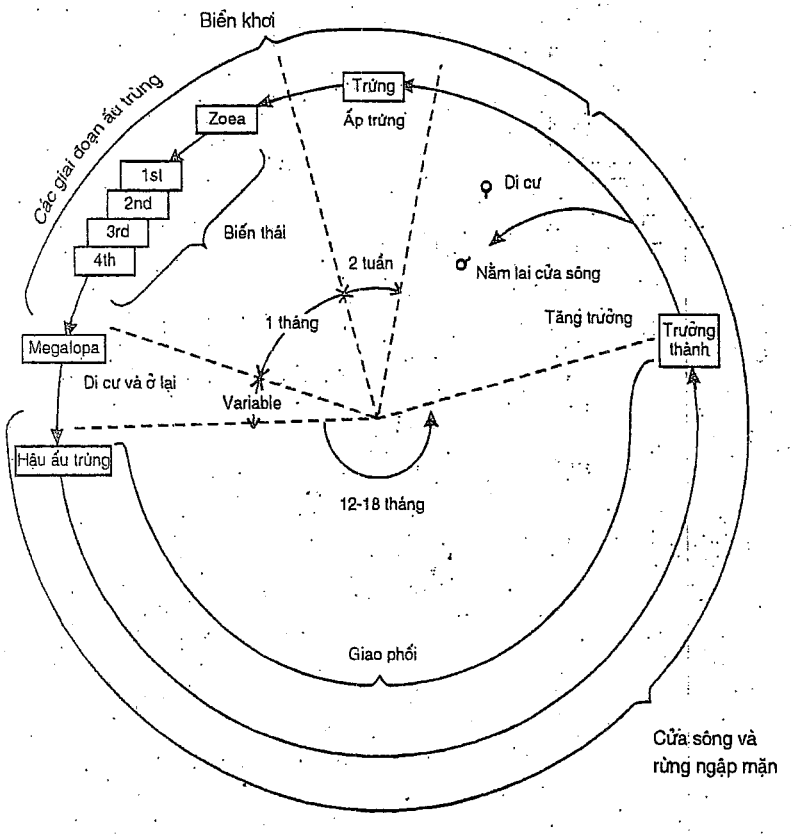
cộng sự (1981) cho thấy thành phần chính trong dạ dày của chúng là động vật nhỏ. Mật độ vi khuẩn thấp và hàm lượng prôtít cao cho thấy hầu hết các loài tôm này không ăn mùn bã mà ăn các động vật sống 28=(hình 29).



Hình 29. Vòng đời của tôm chuối *Penaeus merguiensis*

Tuy nhiên, độ nhiều các loài động vật nhỏ này lại phụ thuộc vào mùn bã xác thực vật có trong trầm tích hoặc được phát tán ra các vùng đất ngập nước xung quanh. Các tác giả cũng cho rằng vai trò của vi khuẩn kém quan trọng hơn trong thức ăn của tôm không như các nghiên cứu trước đây. Vi khuẩn chỉ chiếm chưa đầy 2 %

các chất hữu cơ trong dạ dày các con trưởng thành của tất cả các loài, nhưng đối với rất nhiều tôm chuối nhỏ thì vi khuẩn lại quan trọng hơn, đôi khi lên tới 14% tổng các chất hữu cơ.



Hình 30. Vòng đời của cua bùn *Scylla serrata*

Như vậy, mối liên quan giữa đất ngập nước ven biển và sản lượng tôm không phải là trực tiếp, nhưng tôm cũng như các loài động vật di cư khác, kể cả cá rõ ràng là phụ thuộc rất nhiều vào năng suất của hệ sinh thái rừng ngập mặn (Redfield 1983). Vòng đời của tôm chuối *(P. merguensis)*, cá đối *(Mugil cephalus)* và cá

chẽm *(Lates calcarifer)* cho thấy tầm quan trọng của rừng ngập mặn cửa sông đối với các loài này với vai trò vừa là môi trường sống vừa là nơi kiếm ăn. Khoảng 70 % các loài cá thương mại phụ thuộc vào vùng cửa sông.

Một ví dụ điển hình khác là cua bùn cái *(Scylla serrata)* di cư từ các vùng rừng ngập mặn ra các vùng biển sâu để đẻ, trong khi cua đực vẫn còn nằm lại vùng cửa sông trong thời gian này. Cũng tương tự đối với vòng đời chim lội, chúng phụ thuộc vào nguồn thức ăn chính là các loài động vật đáy và cá khi triều rút, còn cá sấu con trong các vùng nhiệt đới thì phụ thuộc vào nguồn thức ăn là cua và cá nhỏ trên mặt bùn rừng ngập mặn (hình 30).

7. KHAI THÁC Ở CÁC BẬC DINH DƯỠNG

Chu trình xác thức ăn thực vật phân hủy tồn tại rất nhiều các mối quan hệ hết sức phức tạp, tổng năng suất sơ cấp thay đổi theo mùa và theo năm với các nguồn cung cấp từ nội địa, các khu hệ động vật, áp lực của việc đánh bắt cá, tôm. Về mặt quản lý, chu trình này có khả năng tự duy trì nhưng khi thay đổi thành phần năng suất sơ cấp như phá rừng ngập mặn, khai hoang để sử dụng đất cho các mục đích kinh tế khác sẽ dẫn đến sự suy giảm nhanh chóng toàn bộ hệ thống. Sự suy giảm này lại có tác động đến các hệ sinh thái xa khơi phụ thuộc vào nguồn cung cấp xác thực vật phân hủy và dạng hạt đi ra từ cửa sông.

Hiện nay việc khai thác các hệ sinh thái vùng cửa sông của con người thực sự mới dừng lại ở việc đánh bắt và nuôi trồng thủy sản (cá, tôm, cua, sò...), câu cá giải trí...Về mặt kinh tế việc nuôi trồng thủy sản rất quan trọng và nếu quản lý không tốt thì các vùng đất ngập nước chúng sẽ bị suy thoái và không thể tồn tại lâu bền được. ở đa số các nước đang phát triển thì rừng ngập mặn vẫn đang tiếp tục bị phá, hầu như không còn rừng ngập mặn nguyên sinh nữa, hầu hết là rừng thứ sinh. Quá trình này thực chất là sự hủy hoại năng suất sơ cấp nguồn cung cấp 'nhiên liệu' cho chu trình phân hủy mùn bã, điều này sẽ dẫn đến sự phá hủy nhanh chóng hệ sinh thái cửa sông và cuối cùng là việc đánh bắt và nuôi trồng thủy sản bị phá sản.

Chương 8
BẢO TỒN VÀ QUẢN LÝ CÁC QUẦN XÃ RỪNG NGẬP MẶN

Ở Việt nam cũng như các nơi khác trên thế giới nguồn lợi rừng ngập mặn cửa sông ven biển đang bị khai thác kiệt quệ do các hoạt động của con người làm cho các nguồn lợi này ngày càng bị suy giảm nghiêm trọng. Việc tranh chấp, chồng chéo và không kế hoạch trong sử dụng nguồn lợi cũng đang diễn ra do áp lực của sự gia tăng dân số. Nguyên nhân chính là do các nhà hoạch định chính sách có sự lẫn lộn trong việc lựa chọn giải pháp. Nhiệm vụ của họ thường bị sức ép từ nhiều phía, bao gồm:

(1) Thường nhấn mạnh vai trò kinh tế trong việc sử dụng một hệ sinh thái mà rất ít khi đánh giá được giá trị kinh tế môi trường của chúng; (2) Khi giải quyết tranh chấp trong sử dụng nguồn lợi người ta thường không quan tâm đến lợi ích của cả cộng đồng và không đánh giá đúng giá trị nguồn lợi ; (3) Thiếu cơ sở sinh thái học và thực tế để từ đó đánh giá và quản lý các dạng sử dụng nguồn lợi khác nhau, và (4) Sự khác nhau trong quan điểm của các nhà hoạch định chính sách và kế hoạch hóa, các nhà khoa học tự nhiên và xã hội về sự cân bằng và động thái của các hệ thống sinh học dưới tác động của con người.

Về mặt nguyên tắc, có thể quản lý hệ sinh thái rừng ngập mặn như một nguồn lợi có thể tái tạo được thông qua các hoạt động vừa khai thác vừa phục hồi nguồn gỗ củi, nhiên liệu, thủy hải sản, ta nanh, mật ong và một loạt các lợi ích từ du lịch dịch vụ, nghiên cứu khoa học và giáo dục. Về mặt lựa chọn giải pháp, hệ sinh thái rừng ngập mặn được xem như nguồn lợi bị khai thác mà không tái tạo được khi sử dụng chúng cho các mục đích khác như nông nghiệp,

sân bay, bến cảng, đường xá và các công trình xây dựng. Việc khai thác quá mức nguồn lợi cho lâm sản, nơi đổ các chất thải và đặc biệt là nuôi trồng thuỷ sản không hợp lý sẽ gây ra các hậu quả hết sức nghiêm trọng (bảng 11).

Bảng 11. **Giá trị kinh tế nguồn lợi của hệ sinh thái RNM ở một số nước**

Nguồn lợi	Nước	Năm đánh giá	Giá trị kinh tế (USD/ha/năm)
Toàn bộ hệ sinh thái rừng ngập mặn	Trinidat (Ấn Độ)	1974	500
	Fiji	1976	950 - 1250
	Puerto Rico	1973	1550
Lâm sản	Trinidat	1974	70
	Indonesia	1978	10-20 (chỉ tính than và gỗ ván)
	Malaysia	1980	25
	Thái Lan	1982	30 - 400
Thủy sản	Trinidat	1974	125
	Indonesia	1978	50
	Fiji	1976	640
	Queenland (Úc)	1976	1975
	Thái Lan	1982	30 - 100 (cá)
			200 - 2000 (tôm)
Giải trí, du lịch	Trinidat	1974	200

Nguồn: Hamilton và Snedaker, 1984

Trên các văn bản, nghị quyết, các nhà ra quyết định có thể hình dung việc khai thác nguồn lợi theo nhiều cách trong thời gian dài, nhưng thực tế đáng tiếc là các quyết định đó chỉ có giá trị trong một thời gian ngắn do áp lực của những tính toán về mặt kinh tế và chính trị. Thông thường, khi ra những quyết định đơn thuần về mặt kinh tế và chính sách thì ít khi người ta tính đến chi phí đối với các yếu tố sinh thái suy giảm có liên quan (bao gồm cả thiệt hại kinh tế môi trường do nguồn lợi suy giảm).

Chẳng hạn như ở Thái Lan, liên quan tới chính sách quản lý rừng ngập mặn thì cả các nhà làm quyết định lẫn quốc hội khi

thông qua đều mắc sai lầm do thiếu hiểu biết và mặt khác do giáo dục, tuyên truyền không thích hợp. Đến nay các hệ sinh thái rừng ngập mặn vẫn chưa được công nhận là tài sản quốc gia có giá trị cả về kinh tế và sinh thái đối với các nhà ra quyết định cũng như các cộng đồng. Các dự án phát triển thường đặt rừng ngập mặn sau các hoạt động kinh tế mang lại nhiều lợi ích trước mắt hơn là phát triển lâu bền và thường tách rời khung cảnh chung của toàn khu vực, đặc biệt là các lưu vực, không đánh giá hết tác động tiêu cực của chúng (Aksornkoe, 1993).

1. RỪNG NGẬP MẶN LUÔN BỊ ĐE DỌA XUỐNG CẤP

Nếu một nguồn lợi không bị đe doạ thì không cần một chính sách quản lý. Tuy nhiên, thế giới ngày nay đang bùng nổ dân số mà nguồn lợi lại ít gần như kiệt quệ kể cả đất, nước và không khí mà người ta tưởng như là vô hạn. Một loại rừng thường ít được quan tâm đến việc bảo tồn là rừng ngập mặn. Do đó rừng ngập mặn đang bị phá đi với tỉ lệ rất nhanh trên nhiều vùng của thế giới. Chỉ có một nơi duy nhất trên thế giới là Puerto Rico với hơn 26 300 ha, có tỉ lệ suy giảm ít nhất là 1,7 % trong một thập kỷ trong suốt giai đoạn 1930-1960, nhưng vào giữa những năm 60 tỉ lệ khai phá lên tới 28 %, đặc biệt trong những năm 1965-1970, 325 ha bị chặt đốn làm cho 88 % bị phá huỷ và khả năng tái sinh lại rất ít. Nguyên nhân của sự suy giảm nếu kể ra thì rất nhiều do khai thác quá mức lấy gỗ củi, hầm than, xây dựng đường xá, bến cảng, ô nhiễm, phát triển nông nghiệp và nuôi trồng thuỷ sản...

Ở nước ta, theo tác giả P.N.Hồng (1997) những nguyên nhân làm suy giảm diện tích, chất lượng rừng ở Việt Nam bao gồm: chiến tranh hóa học, khai thác quá mức, phá rừng ngập mặn làm đầm nuôi tôm quảng canh, lấy đất sản xuất nông nghiệp, làm đồng muối, khai thác khoáng sản, đô thị hóa, đắp đê đập làm đường xá, chưa có chủ trương chính sách thích hợp trong việc bảo vệ rừng ngập mặn, lỏng lẻo trong quản lý, thiếu biện pháp và phương tiện tuyên truyền, giáo dục .

Diện tích rừng ngập mặn ở Nam Bộ bị rải chất diệt cỏ trong chiến tranh là 159 200 ha. Nếu tính ra những tổn thất tức thời và tổn thất về tăng trưởng của cây do mất rừng trong thời gian dài cho đến khi rừng khép tán và tỉa thưa (10 - 12 năm) thì kết quả như sau:

Bảng 12. **Số lượng gỗ (m^3) bị mất tức thời và số gỗ tăng trưởng bị mất do chiến tranh hóa học ở Nam Bộ**

	Địa điểm	Cần Giờ	Cửa sông Cửu Long	Mũi Cà Mau
Gỗ mất tức thời (m^3)	Gỗ tốt	1.962.998	1.258.350	16.016.157
	Gỗ tạp	881.850	1.258.350	903.898
Gỗ mất do tăng trưởng	Gỗ tốt	1.206.371	1.721.423	4.267.656
	Gỗ tạp	705.480	1.208.016	740.900
Tổng cộng	Gỗ tốt	3.169.369	2.979.773	20.283.813
	Gỗ tạp	1.587.330	2.466.366	1.644.798

Nguồn : P.N. Hồng, 1997

Sau hơn 20 năm, phần lớn diện tích đã được phục hồi, nhưng ở nhiều nơi sau khi rừng tái sinh, nhân dân địa phương lại tiếp tục chặt phá, làm đầm nuôi tôm.

Theo thống kê của công ty Seaprodex (1987) từ 1981 - 1987 diện tích làm đầm nuôi tôm nước lợ từ 50 000 ha đã lên 120 000 ha. Minh Hải, tỉnh có diện tích RNM lớn nhất, cũng là nơi rừng bị phá để nuôi tôm nhiều nhất. Hai năm 1980, 1981 diện tích nuôi tôm chỉ có 4000 ha đến năm 1992 đã tăng 20 lần: 80 000 ha (N.T.Hồng Minh, 1993) bình quân mỗi năm ở huyện Ngọc Hiển mất 5 000 ha rừng. Cho đến năm 1995 thì Minh Hải chỉ còn lại 51492 ha rừng ngập mặn (Đ.T.Tấn,1996). Chỉ trong vòng 8 năm từ năm 1983 - 1995 Minh Hải đã mất đi 66 253 ha rừng do việc làm đầm tôm; bình quân mỗi năm mất 8280 ha (T.P.Cường, 1996).

Tương tự như vậy, trong vòng 38 năm (1954 - 1992) vùng ven bờ Hải Phòng, Quảng Yên đã dùng 6039ha bãi triều ven biển, chủ yếu là các vùng có cây ngập mặn để trồng lúa. Nhưng do thiếu

nước ngọt nên diện tích đất bỏ hoang khá lớn:1154 ha. Riêng ở khu vực Minh Khai, Minh Thành, Đông Mai (Yên Hưng- Quảng Ninh) sau 30 năm phá rừng làm nông nghiệp, thì đất vẫn bị hoang hóa hoàn toàn (N. Đ. Cự, 1993), ở một số nơi khác chỉ sử dụng được một phần nhưng năng suất rất thấp.

Xã Hải Lạng, huyện Tiên Yên, Quảng Ninh phá hơn 2.000 ha rừng ngập mặn tự nhiên (1961) đắp đê sản xuất nông nghiệp nhưng không có nước tưới phải bỏ hoang sau chuyển sang nuôi thủy sản nhưng không thành công.

2. QUẢN LÝ RỪNG NGẬP MẶN CÓ HIỆU QUẢ

Để quản lý rừng ngập mặn có hiệu quả thì công việc đầu tiên là cần làm cho mọi người công nhận rằng nguồn lợi rừng ngập mặn là vô giá để từ đó phát triển các chính sách quản lý. Chẳng hạn như, theo một đánh giá kinh tế cho thấy tổng lượng các chất hữu cơ hàng năm của đầm lầy rừng ngập mặn ở Bắc Mỹ mang lại vượt quá sản lượng mà lúa mì, ngô hoặc mía trên thế giới cộng lại. Về mặt chức năng, các hệ sinh thái cửa sông cho năng suất cao với vai trò là nơi nuôi dưỡng sinh đẻ của một số lớn các loài cá thương mại kể cả tôm, cua, sò và nghề câu cá giải trí ... với giá trị kinh tế và dịch vụ to lớn (hình 31).

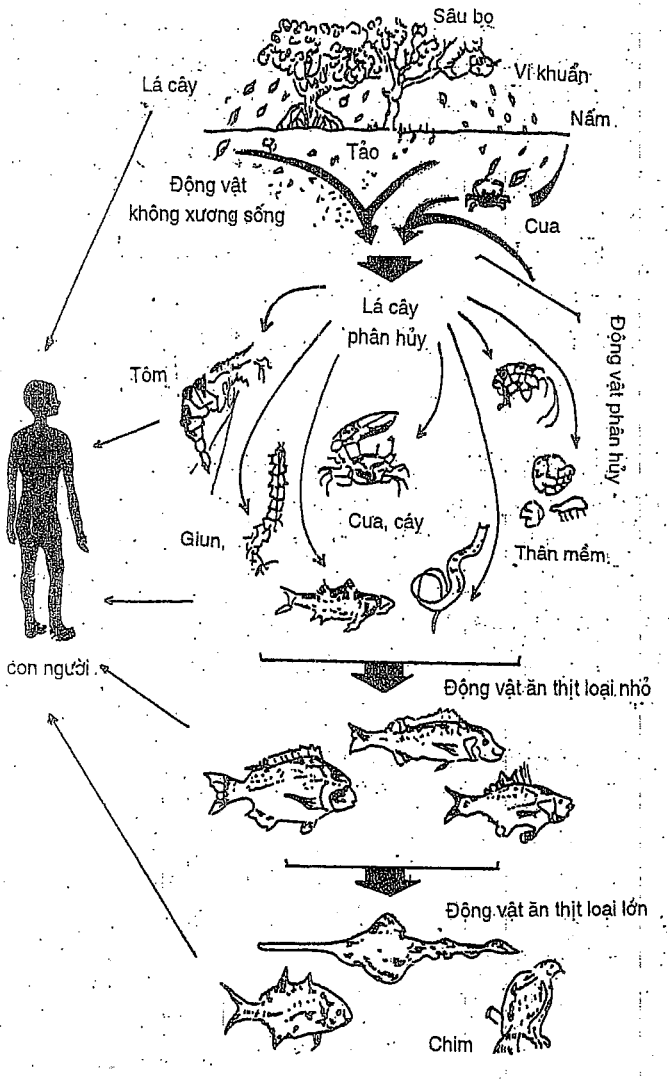
Ngoài ra còn có rất nhiều loài chim cư trú và di trú đến làm tổ và kiếm ăn ở các vùng cửa sông. Các vùng đất ngập nước ven biển là nơi dự trữ, điều hoà chất dinh dưỡng cung cấp cho các cửa sông và các vùng phụ cận, đồng thời nó cũng có khả năng lọc các chất ô nhiễm bẩn như kim loại nặng, các hydro các bon, và các trầm tích lơ lửng trong các vực nước cửa sông.

Do tầm quan trọng kinh tế sinh thái của cửa sông và các vùng đất ngập nước nên cần thiết phải bảo tồn và quản lý chúng đặc biệt trong hoàn cảnh hiện nay sức ép của nhu cầu xã hội rất cao. Việc khai thác và sử dụng hợp lý các vùng cửa sông ven biển nhằm tăng nguồn protein cho cộng đồng phải là ưu tiên cao trong các quá trình ra chính sách.

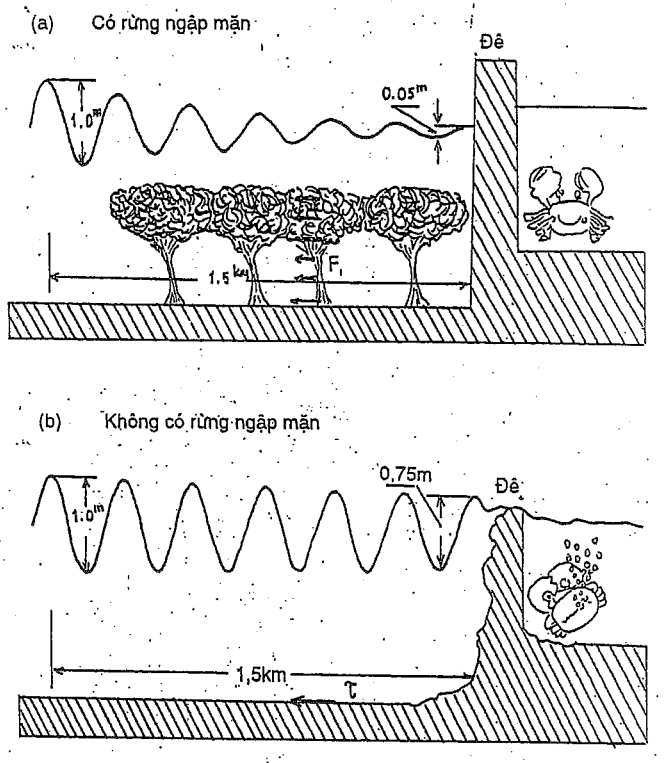
Cũng như khi sử dụng bất kỳ một nguồn lợi thiên nhiên nào, việc kế hoạch hoá và quản lý tốt phải là nguyên tắc cần áp dụng cho các vùng ven biển cửa sông có rừng ngập mặn. Đặc biệt là việc bảo tồn và quản lý các vùng cửa sông gần các thành phố lớn với những áp lực rất lớn thường xuyên xảy ra. Lợi ích chính của việc kế hoạch hoá và quản lý tốt các vùng cửa sông bao gồm:

- Duy trì những vùng có giá trị kinh tế và cảnh quan thích hợp với tất cả các thành viên của cộng đồng;
- Bảo tồn những môi trường đất ngập nước và cửa sông quan trọng là nơi kiếm ăn và làm tổ của nhiều loài động vật biển và chim nước;
- Bảo tồn những vùng kiếm ăn cho chim di cư;
- Tăng cường nuôi trồng các loài thân mềm, nuôi cá, cua, hạn chế phá rừng ngập mặn để nuôi tôm;
- Duy trì một loạt các hệ sinh thái tự nhiên thích hợp cho mục đích nghiên cứu khoa học và giáo dục;
- Hạn chế xói lở và bùn lắng do hậu quả của các công trình xây dựng;
- Hạn chế việc khai phá đất ngập nước cho sản xuất nông nghiệp và các mục đích sử dụng làm suy giảm rừng ngập mặn (hình 32).

Tùy từng địa phương với những hoàn cảnh cụ thể khác nhau, trên quan điểm lợi ích kinh tế môi trường cần xác định rõ bảo tồn rừng ngập mặn nhằm mục đích gì cụ thể cho từng vùng. Dù bất cứ hình thức sử dụng nào cũng cần duy trì chúng như một nguồn lợi có thể tái tạo được dựa trên các cơ sở khoa học, đặc tính địa mạo, tự nhiên, nhằm nâng cao năng suất thuỷ sản. Cần nhớ rằng khi chuyển mục đích sử dụng rừng ngập mặn sang nông nghiệp, xây dựng cầu đường... chính những hoạt động này mà làm cho chúng trở thành nguồn lợi không tái tạo được (hình 33).

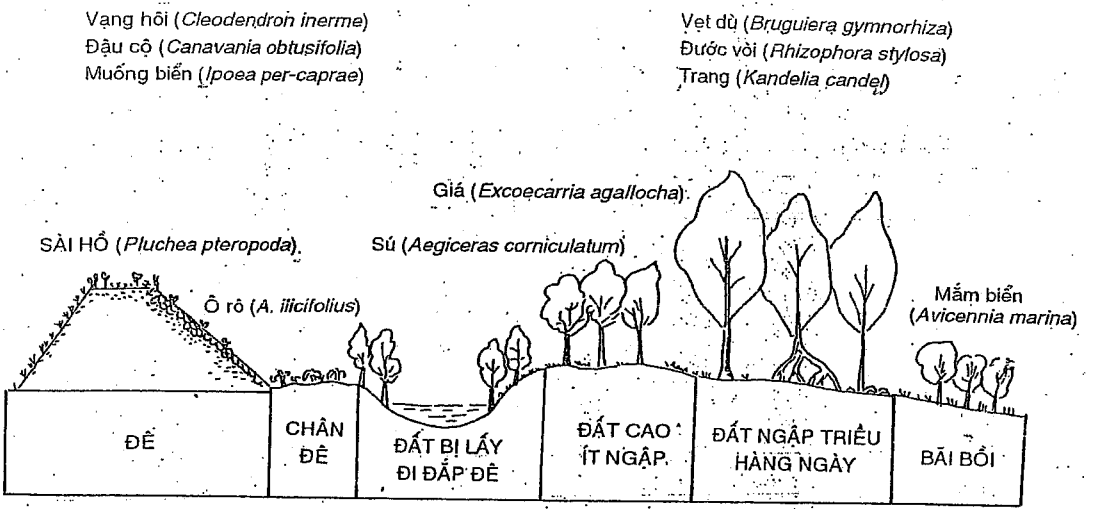


Hình 31. Chuỗi thức ăn trong hệ sinh thái rừng ngập mặn trong mối quan hệ với con người.



Hình 32. Vai trò của rừng ngập mặn trong việc hạn chế sóng biển bảo vệ đê

Nguồn: Y. Mazda và cộng sự, 1997



Hình 33. Sơ đồ trồng cây ngập mặn chắn sóng bảo vệ đê biển ở Kỳ Anh (Hà Tĩnh)

3. TRÁCH NHIỆM QUẢN LÝ

Khi đã xác định nguồn lợi rừng ngập mặn là có giá trị cần quản lý tốt thì điều cốt yếu cần xác định là ai có trách nhiệm thực hiện chính sách này. Ở một số nước đã đưa vào luật pháp việc bảo vệ rừng ngập mặn trong các điều khoản về bảo vệ nguồn lợi nghề cá. Tuy nhiên, tình hình thực tế lại không đơn giản, khi sử dụng công cụ này thường xảy ra sự chồng chéo tạo ra sự tranh chấp về mặt quyền lợi cuối cùng là dẫn đến hành động độc lập và phân cấp. Tình hình này dẫn đến vấn đề là ai quản lý rừng ngập mặn, mặc dù các luật pháp ban hành đều nhằm bảo vệ rừng ngập mặn, cỏ biển, san hô và cấm tất cả các hoạt động chặt phá, chuyển đổi cho các mục đích khác.

Các đạo luật này rõ ràng là đã hữu ích trong việc bảo vệ trực tiếp rừng ngập mặn thông qua một hệ thống cấp giấy phép nhằm tránh việc khai thác bừa bãi. Tuy nhiên đạo luật này cũng tỏ ra không thích hợp khi nhu cầu thương mại tăng vọt, đặc biệt là việc khai phá rừng ngập mặn nuôi tôm, khai thác quá mức nhiều loài động vật không xương sống như sá sùng, giun nhiều tơ mà gần đây trở thành loài quí hiếm, lại không nằm trong danh mục cá hoặc hải sản trong ban hành đạo luật này.

Để tránh sự đảo lộn trầm tích trong các hệ sinh thái rừng ngập mạn, một số nước đã có đạo luật về các khu bảo tồn môi trường thuỷ sản trong rừng ngập mặn. Tuy nhiên, những rủi ro về tình trạng bảo tồn vẫn có thể xảy ra do áp lực về kinh tế. Cho đến nay cách tối ưu nhất là hình thành một đạo luật riêng liên quan tới quá trình ra quyết định về sử dụng các hệ sinh thái rừng ngập mặn.

Ở Úc, để phát triển các hệ sinh thái rừng ngập mặn nhà nước đã trao quyền cho hai Bộ Quản lý đất và Bộ Cảng và Biển, và những nghiên cứu quản lý vùng ven biển được đặt dưới sự điều hành của văn phòng Thủ tướng. Tuy nhiên, từ khi Chính phủ không cấp giấy phép cho việc khai thác mà chuyển quyền sang cho Bộ Quản lý Đất đai cấp giấy phép khai phá và cải tạo các vùng rừng ngập mặn và Bộ Cảng biển và Biển thì lại cấp giấy phép cho việc

đào đắp kênh rạch trong rừng ngập mặn, các tranh chấp trong việc sử dụng nguồn lợi vẫn tiếp diễn. Về mặt trách nhiệm quản lý vẫn chưa được làm rõ, đặc biệt là khi có các hiện tượng xả chất thải vào các vùng rừng ngập mặn. Khi trách nhiệm quản lý còn manh mún, không thống nhất, thì thành công của việc áp dụng các chính sách sử dụng hợp lý nguồn lợi còn nằm trong sự nghi ngờ. Chính rừng ngập mặn và các hệ sinh thái của vùng triều có thể bị tác động tiêu cực do quản lý còn nhiều hơn các nhân tố tự nhiên.

4. CƠ SỞ KHOA HỌC CHO QUẢN LÝ CÓ HIỆU QUẢ

Để phát triển có hiệu quả các kế hoạch quản lý nguồn lợi rừng ngập mặn cần phải gắn chúng với những vấn đề quản lý các vùng đất ngập triều kế cận và các vùng nước cửa sông. Rừng ngập mặn cần được xem như một phần của một hệ thống cửa sông phức tạp bao gồm các môi trường liên quan với nhau bởi vì các nhân tố tự nhiên như: tỉ lệ nước ngọt đổ xuống từ lưu vực, chế độ mặn và thuỷ triều ... đều tác động đến các khu hệ động thực vật. Đó cũng là mối liên quan gắn bó giữa các nhân tố nội địa và thuỷ vực trong các hệ sinh thái vùng ven biển.

Như vậy trong kế hoạch hoá vùng cửa sông điều quan trọng cần xem xét là một số các hoạt động ở lưu vực có thể có tác động quan trọng tới các vùng ven biển thông qua sự thay đổi về chất lượng và lưu lượng nước. Như vậy, lưu vực của một cửa sông là một phần của hệ sinh thái của sông và việc sử dụng đất trong vùng lưu vực cần phải được phối hợp với mục đích tổng thể kế hoạch hoá vùng cửa sông.

Trong công tác quản lý các hệ thống rừng ngập mặn và cửa sông, việc đầu tiên là cần có cơ sở dữ liệu sinh thái với hệ thống bản đồ, các quá trình vận động tự nhiên, chất lượng và số lượng sinh vật của hệ thống. Đặc biệt là các loài cần bảo vệ và mức độ dễ bị tổn thương của chúng do tác động của các hoạt động của con người gây ra. Mặc dù các cửa sông đều có những đặc tính thuỷ văn và địa mạo tương tự về loại hình đất ngập nước, nhưng mỗi cửa sông đều có những đặc tính riêng cần phải đánh giá cụ thể mỗi

nhân tố. Bên cạnh các nhân tố sinh thái học cần tập trung điều tra các nhân tố chính trị, kinh tế, xã hội.

Giống như thiết kế một chiếc máy bay, công tác quản lý bất kỳ một hệ sinh thái nào việc đầu tiên là tìm hiểu những trở ngại mà người phi công và những nguyên tắc an toàn yêu cầu, chứ không dựa trên những đòi hỏi về lợi ích kinh tế. Khi không nắm được các yếu tố sinh thái thì sẽ gặp rất nhiều khó khăn và chi phí cho việc sửa chữa, điều chỉnh sẽ rất tốn kém hoặc dẫn đến sự mất mát không thể bù đắp được.

Quản lý rừng ngập mặn phải dựa trên phương pháp luận về bảo tồn mà bước đầu tiên là tìm ra biện pháp ngăn chặn sự phá hoại sẽ diễn ra tiếp theo của những điểm yếu chính sách đang tồn tại. Điều quan trọng nhất cần tuân thủ trong thực hành quản lý là tối ưu hoá việc bảo tồn nguồn lợi rừng ngập-mặn bằng cách cung cấp những nhu cầu thiết yếu, nâng cao mức sống người dân về truyền thống và hiện đại đồng thời với việc đảm bảo cung cấp những biện pháp thích hợp bảo vệ đa dạng sinh học khu hệ động thực vật sống trên đó.

Là loại nguồn lợi có thể tái tạo được, rừng ngập mặn cần được quản lý trên cơ sở bền vững. Khái niệm về sử dụng bền vững liên quan đến thu hoạch và lợi ích kinh tế đồng thời với việc duy trì hệ sinh thái càng gần với tự nhiên hoặc nguyên thuỷ càng tốt. Điều này rất khó khi sử dụng nguồn lợi trong phát triển du lịch và dịch vụ.

Do đó, sử dụng bền vững không có nghĩa là quay trở lại hệ thống tự nhiên nguyên thuỷ mà là một sự phấn đấu nhằm đạt tới năng suất bền vững với một tái tổ hợp hợp lý cho một hệ thống không bị đảo lộn hoặc mất cân bằng. Tuy nhiên, việc bảo tồn hoặc duy trì ở tình trạng không bị đảo lộn hoặc không khai thác có thể là một chính sách mong muốn cho một số vùng mà rừng ngập mặn có diện tích rộng lớn. Các khu vực rừng cấm khai thác như vậy sẽ là những nơi dừng chân của các loài động thực vật như một khu dự trữ. Việc bảo tồn một phần trong toàn bộ diện tích rừng cũng sẽ rất hữu ích trong một kế hoạch quản lý sử dụng bền vững tổng thể.

Thông thường, khả năng thực thi các chiến lược bảo tồn và quản lý rừng ngập mặn tuỳ thuộc vào thể chế và các tổ chức chính phủ từng nước. Ở những nơi mà rừng ngập mặn được xem như một phần tổng thể vùng ven biển thì khả năng thực thi của hệ thống hành chính ở khu vực đó tỏ ra có hiệu quả hơn. Các quyết định liên quan đến sử dụng rừng ngập mặn cần tính đến sự phụ thuộc của nó vào chính sách sử dụng đất, các vùng nước lưu vực lân cận và các mối quan hệ quan trọng của nó với các cửa sông, vụng, vịnh và các rạn san hô.

5. CÁC VẤN ĐỀ CỤ THỂ TRONG CÔNG TÁC QUẢN LÝ

Rất nhiều trung tâm công nghiệp và đô thị đang có tác động tiêu cực lên các vùng rừng ngập mặn và cửa sông. Kế hoạch quản lý các vùng đất ngập nước này là tìm biện pháp hạn chế hoặc giảm bớt áp lực của các hoạt động bao gồm:

- Xả thải chất thải công nghiệp, nhiệt, chất thải rắn, đô thị và sinh hoạt;
- Phát triển hải cảng, hoạt động thương mại, nhà ở và các mục đích khác;
- Cải tạo đầm lầy và hạn chế ngập lụt;
- Khai hoang;
- Đê bao.

Một khó khăn rất lớn là người ta thường sử dụng rừng ngập mặn và các vùng cửa sông làm nơi đổ, thải các chất thải lỏng. Nhiều người còn cho rằng các chất thải này sẽ được hòa tan và hấp thu hết vào trong nước do đó không cần xử lý làm sạch. Hiện nay có rất ít công trình nghiên cứu tác động của chất thải lỏng lên các khu hệ động thực vật rừng ngập mặn, mặc dù đã có một số thí nghiệm theo dõi giám sát tác động của kim loại nặng, nhiệt và rác (Poor và cộng sự 1978).

Công trình của Nedwell (1974) tại Fiji cho thấy cây ngập mặn có thể hút một phần các chất dinh dưỡng từ các chất thải, tác giả đề

nghị xây dựng các hồ trong có trồng các cây ngập mặn để cho phép lọc một phần các chất thải, trừ chất thải công nghiệp. Tuy nhiên, nó cũng sẽ tạo nên sự tích lũy sinh học các chất độc có trong các chất thải do đó việc sử dụng trồng cây ngập mặn trong bể lọc cần phải tính toán cẩn thận. Những công trình gần đây cho thấy các kim loại nặng cũng tích lũy khá lớn trong cơ thể sinh vật của các hệ sinh thái rừng ngập mặn và cỏ biển.

Wash và cộng sự (1984) cho rằng cây con của các loài *Avicennia alba, Rhizophora mucronata* và *R. mangle* không bị tác động đảo lộn bởi kẽm, chì, cadmium và thủy ngân, nhưng các chất này được tích lũy trong mô của chúng rồi đi qua các sinh vật trong chuỗi thức ăn, cuối cùng thì đạt tới hàm lượng cao không thể chấp nhận được ở các loài mà lại được dùng làm nguồn thực phẩm của con người.

Có khá nhiều nghiên cứu về tác động của chất thải nhiệt lên rừng ngập mặn và cửa sông. Trong tất cả các công trình này đều cho thấy sự giảm đáng kể khu hệ động vật không xương sống ít nhất là trong những vùng có nước nóng thải ra. Kể cả cây ngập mặn và cỏ biển đều bị tác động tiêu cực khi tăng lượng nước thải nhiệt.

6. PHÁT TRIỂN KINH TẾ XÃ HỘI VÙNG VEN BIỂN

Hiện nay có khoảng 80 % dân số thế giới sống ở vùng ven biển và 60 % sống trực tiếp ở các vùng cửa sông. Việc phá hủy cả rừng ngập mặn và đầm lầy thủy triều để nâng cao đất xây dựng các khu đô thị, dân cư, bến cảng sân bay, dịch vụ .. là điều tất yếu dẫn đến hậu quả xói lở và ngập lụt cũng như suy giảm chất lượng nước. Một yêu cầu cấp bách là cần bảo vệ hầu hết các vùng rừng ngập mặn, cỏ biển và đầm lầy mặn còn sót lại, mặc dù đã quá muộn.

Việc đào đắp các đê bao xung quanh rừng ngập mặn thường gây ra những hậu quả nghiêm trọng. Khi nước triều không ra vào được thì cây ngập mặn sẽ bị chết ngay trong 6 tuần. Một trong những nguyên nhân gây suy giảm diện tích đất ngập nước là khai phá rừng ngập mặn để xây dựng các đầm nuôi tôm, những công

trình thủy lợi đắp đập ngăn lũ làm cho độ màu mỡ của đất đầm lầy ngập nước bị suy giảm. Bên cạnh sự cần thiết cần có một số công trình thủy lợi ngăn lũ ngập lụt nhưng cần tránh chuyển sang mục đích nông nghiệp. Các nhà quản lý sử dụng đất cần tìm những biện pháp kết hợp hài hòa giữa việc bảo tồn các vùng đất ngập nước và phát triển kinh tế khu vực.

Trầm tích cửa sông, đặc biệt là tích lũy cát ở cửa sông đã gây trở ngại cho hoạt động giao thông thủy. Việc nạo vét các lớp bùn mặt đáy ở các cửa sông thường gây tác động đến các hệ sinh thái vốn có của nó.

Việc can thiệp vào hệ thực vật tự nhiên ở các lưu vực thông qua các hoạt động phát triển như nông nghiệp, lâm nghiệp, khai khoáng, mở mang đô thị thường dẫn đến làm tăng tỉ lệ trầm tích ở cửa sông. Các trầm tích tích lũy này gây ra một số khó khăn cho giao thông. Việc hút bùn cát cũng như di chuyển các cồn cát gây ra biến dạng các cửa sông làm giảm các hoạt động quang hợp của tảo, giảm độ o xy hoà tan, các chất độc thoát ra do tích luỹ lâu trong trầm tích. Nếu các trầm tích này được vun vào gốc cây ngập mặn thì cây sẽ chết.

Thông thường khi hút bùn cát ở cửa sông người ta không chú ý tới động thái di chuyển cát trong khu vực, kết quả là công việc phải nạo vét hàng năm và rất tốn kém. Do đó, cần nghiên cứu động thái và nguồn dự trữ cát ở cửa sông trước khi tiến hành các công việc cụ thể. Mặt khác, khi tác động tới bề mặt đáy ở cửa sông cần tính đến sự thay đổi về kiểu loại, độ nhiều, và phân bố của các sinh vật đáy cũng như tác động của chúng tới nghề cá. Nghiên cứu về hậu quả của thuỷ văn cũng cần được tiến hành khi đánh giá tác động môi trường của các hoạt động này.

7. TƯƠNG LAI CỦA RỪNG NGẬP MẶN VÀ ĐẦM LẦY MẶN

Ở các vùng ven biển, các quần xã vùng triều trong đó có rừng ngập mặn và đầm lầy mặn này trải dài trên nhiều vĩ độ và kinh độ với độ đa dạng sinh học và kiểu loại phong phú. Việc suy giảm các

hệ sinh thái này chủ yếu do đánh giá không đúng giá trị kinh tế sinh thái các quần xã trong các quá trình ra quyết định Có nghĩa là sự đánh giá sai lầm về giá trị sinh thái của các sản phẩm trực tiếp, gián tiếp và dịch vụ.

Đã một thời, người ta cho rằng các quần xã rừng ngập mặn và đầm lầy mặn chỉ là những vùng đất hoang và cứ thế khai thác mà không cần tái tạo. Đó là sai lầm của cả các nhà lập pháp và phát triển đã gây ra hậu quả phá huỷ nguồn lợi có giá trị này. Cũng có sai lầm của các nhà sinh học và sinh thái học chưa lựa chọn các hướng nghiên cứu thích hợp nhằm cung cấp thông tin, chia sẻ các kết quả nghiên cứu với các nhà ra quyết định.

Do áp lực của dân số và kinh tế, rừng ngập mặn đang bị đe doạ nghiêm trọng trên qui mô toàn thế giới, việc bảo tồn, khôi phục và quản lý các hệ sinh thái này đòi hỏi nỗ lực của tất cả các tầng lớp quần chúng trong cộng đồng, đặc biệt là tìm ra được những giải pháp thích hợp thông qua một hệ thống chính sách trong quản lý và kế hoạch hóa phát triển bền vững cho những vùng cụ thể.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Aksornkoae, S., 1993. Ecology and management of mangroves. *The IUCN wetlands programme. IUCN*: 137.
2. Trần Văn Ba, 1997. Cơ sở sinh học, sinh thái của việc trồng và sử dụng cây dừa nước *(Nypa fruticans Wurmb)* ở Việt Nam. *Luận án phó tiến sĩ Khoa học Sinh học.*
3. Benson.A.A., and M.R. Atkinson. 1967. Choline sulphate and phosphate in salt excreting plants. Fed. Proc.26: 394.
4. Berry, A.J. 1958. Fluctuations in the reproductive condition of Cassidula aurisfelis a Malayan mangrove ellobiid snail (Pulmonata: Gastropoda). *J.Zool. (Lond.)* 154: 377-90.
5. Bird, E.C.F. 1970. Coastal evolution in the Cairns district. *Aust. Geogr.* 11: 327-35
6. Bunt, J.S., K.G. Boto and G. Boto. 1979. A survey method for estimating potential levels of mangrove forest primary production. *Mar. Biol. 52*(2): 123-29.
7. Bunt, J.S., W.T. Williams and H.J. Clay. 1982. River water salinity and the distribution of mangrove species along several rivers in North Queensland. *Aust. J. Bot. 30(4)*: 401-12.
8. Bùi Lai. 1996. Danh mục các loài động vật rừng ngập mặn Cần Giờ, T.P. Hồ Chí Minh. *Báo cáo tại hội nghị ' Xây dựng khu dự trữ sinh quyển Rừng ngập mặn Cần Giờ, T.P. Hồ Chí Minh'* 11/1996;
9. Canoy, M.J. 1975. Diversity and stability in a Puerto Rican Rhizophora mangle L. forest. *In Proceeding of the international Symposium on Biology and Management of Mangroves, eds G.E. Walsh, S.C. Snedaker and H.J. Teas, vol.1*, pp.344-56. Gainesville: Univ. Florida.
10. Chapman,V.J. 1938. Studies of salt marsh ecology, *sections I-III. J.Ecol.* 26: 144-79.
11. Chapman,V.J. 1944. The 1939 Cambridge University expedition to Jamaica. III. he morphology of Avicennia nitida Jacq. and the function of its pneumatophores. *J.linn. Soc (Lond.) (Bot.Ser.)* 52 487-533.
12. Chapman,V.J. 1977. Introduction. In *Ecosystems of the world. I. Wet coastal ecosystems*, pp. 1-29. Amsterdam: Elsevier.
13. Chapman,V.J., and J.W. Ronaldson. 1958. The mangrove and salt-marsh flats of the Auckland isthmus. *NZ Dept. Sci. Indust. Res. Bull.* 125: 1-79.

14. Chapman, V.J. 1975. Mangrove biogeography. In: *Proceedings of the international symposium on biology and management of mangroves. Honolulu:* 3 - 52.
15. Chou, L.M., S.H. Ho, H.W. Khoo, T.J. Lam, D.H. murphy and W.H. Tan. 1980. Report on the impact of pollution on mangrove ecosystems in Singapore and related national research programs. *Unpubl. report. Singapore Univ.*
16. Christensen, B. 1978. Biomass and primary production of Rhizophora apiculata Bl. in a mangrove in southern Thailand. *Aquat. Bot.* 4: 43-52.
17. Clough,B.F., and P.M. Attiwill. 1975. Nutrient cycling in a community of Avicennia marina In a temperate region of Australia. In *Proceedings of the International Symposium on Niology and Management of Mangroves, eds G.E. Walsh, S.C. Snedaker and H.J. Teas, vol.1*,pp. 137-46. Gainesville: Univ. Florida.
18. Clough,B.F.,1982. Primary productivity of mangroves. In *mangrove ecosystems in Australia-structure, function and management, ed. B.F. Clough*, pp. 213-23. Published by AIMS with ANU Press.
19. Trần Phú Cường, Lê Quí Vượng, 1996. Phục hồi hệ sinh thái rừng ngập mặn và việc nuôi tôm ở ven biển tỉnh Minh Hải. Trong Hội thảo Quốc gia: *"Mối quan hệ giữa việc phục hồi hệ sinh thái rừng ngập mặn và việc nuôi trồng hải sản ven biển"* thành phố Huế 31/10 - 3/11/1996: 36-42.
20. Nguyễn Đức Cự, 1993. Các đặc điểm địa hóa trầm tích bãi triều của sông ven biển Hải Phòng - Quảng Yên. *Luận án PTS Địa hóa khoáng vật:* 98-114.
21. Ding Hou. 1958. Rhizophoraceae. *Flora Malesiana* (Ser.I)5: 429-93.
22. Dunson,W.A. 1980a. The relation of sodium and water balance to survival in sea water of estuarine and freshwater races of the snakes *Nerodia fasciata, N. sipedon and N. valida. Copeia* 1980: 268-80.
23. Lê Diên Dực. 1989. Kiểm kê đất ngập nước Việt Nam. *Trung tâm Tài nguyên và Môi trường Hà Nội*: 85-89.
24. Eggert, B. 1929. Bestimmung stabelle und beschreibung der Arten Familie Periophthlmus. *Z. Wiss. Zool.* 133(1-2): 398-410.
25. Fell, J.W., and I.M. Masters. 1973. Fungi associated with the degradation of mangrove (Rhizophora mangle L.) leaves in south Florida, In *Estuarine microbial ecology, eds H.L. Stevenson and R.B. Colwell*, pp. 455-66. Columbia: South Carolina Press.
26. Fell, J.W., R.C. Cefalu, I.M. Masters and A.S. Tallman. 1975. Microbial activities in the mangrove (Rhizophora mangle. L) leaf detrial systems. In

Proceedings of the International Symposium on Biology and Management of Mangroves, eds. G.E. Walsh, S.C. Snedaker and H.J. Teas, vol. 2, pp. 661-79. Gainesville: Univ. Florida.

27. Field, C.D. 1984. Ion in mangroves, In: *Physiology and management of mangroves, Sydney, Australia*: 43-48.
28. Forest Inventory and Planning Institute (FIPI 1996). *Vietnam forest trees.* Agricultural Publishing house. JICA.
29. Golley, F.B., H.T. Odum and R.F. Wilson . 1962. The structure and metabolism of a Puerto Rican red mangrove forest in May. *Ecology* 43: 9-19.
30. Goulter, P.F.E., and W.G. Allaway. 1979. Litter fall and decomposition in a mangrove stand (*Avicennia marina* Forsk. (Vierh)) in *Middle Harbour, Sydney. Aust. J. Mar. Freliw. Res. 30*: 541-46.
31. Joshi, G.V.., L.J. Bhosale, B.B. Jamale and B.A. Karadge. 1975. Photosynthetic carbon metabolism in mangroves. In *Proceedings of the International Symposium on Biology and Management of Mangroves, eds G.E. Walsh, S.C. Snedaker and H.J. Teas, vol.2,* pp. 579-94. Gainesville: Univ. Florida.
32. Kirkman, H., and D.D. Reid. 1979. A study of the role of the munities of Zostera capricorni and Posidonia australis seagrass meadows in Botany Bay, *New South Wales. Aquat. Bot.* 18: 89-109.
33. Hamilton, L.S. and S.S. Snedaker (eds), 1984. Handbook for mangrove area management. *IUCN, UNESCO, EWC*, Hawaii: 85 - 86.
34. Heald, E.J. 1969. The production of organic detritus in a south Florida estuary. Doctoral dissertation, *Univ. of Miami*, Coral Gables, Florida.
35. Haines, E.B., and R.B. Hanson. 1979. Experimental degradation of detritus made from the salt marsh plants Spartina alterniflora (Loisel.), *Salicornia virginicus L.* and Juncus roemerianus Scheele. *J. Exp. mar. Biol. Ecol.* 40: 27-40.
36. Phan Nguyên Hồng, Hoàng Thị Sản, 1984. Kết quả nghiên cứu hệ thực vật rừng ngập mặn Việt Nam. Trong: *Tuyển tập Hội thảo quốc gia về hệ thái rừng ngập mặn - Việt Nam lần thứ nhất. Hà Nội*, 27-28/12/1984: 68 - 73.
37. Phan Nguyen Hong, Nguyen Hoang Tri, 1986. Mangroves of Ca Mau peninsula. In: *BAKAWAN Newsletter of the regional mangrove in network for Asia and Pacific. Vol. V. No* 1, March 1986.
38. Phan Nguyên Hồng, Nguyễn Hoàng Trí, Nguyễn Bảo Khanh, 1984. Đặc điểm sinh học và tái sinh của cây con một số loài chính trong rừng ngập mặn Bến Tre và Minh Hải. *Hội thảo Quốc gia về Hệ sinh thái Rừng ngập*

mặn Việt Nam lần thứ nhất. Hà Nội. 27-28/12/1984: 293-290.
39. Phan Nguyên Hồng, 1991. Thảm thực vật rừng ngập mặn Việt Nam. *Luận án Tiến sĩ sinh học*: 45-80.
40. Phan Nguyên Hồng, Hoang Thi San, 1993. Mangroves of Vietnam -*IUCN. Bangkok:* 35-50.
41. Phan Nguyên Hồng, Trần Văn Ba, Hoàng Thị Sản, Lê Thị Trễ, Nguyên Hoàng Trí, Mai Sĩ Tuấn và Lê Xuân Tuấn, 1997. Vai trò của rừng ngập mặn Việt Nam. Kỹ thuật trồng và chăm sóc. *NXB Nông nghiệp*. Hà Nội 12-45.
42. Hutchings, P.A., and H.F. Recher. 1974. The fauna of Careel Bay, with comments on the ecology of mangrove and seagrass communities. *Aust.Zool.* 18: 99-128.
43. Hutching, P and P. Seanger, 1987. Ecology of Mangroves.
44. Kohlmeyer, J. 1969. Ecological notes on fungi in mangrove forests. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 53: 237-50.
45. Lugo, A.E., G. Evink, M.M. Brinson, A. Broce and S.C. Snedaker. 1975. Diurnal rates of photosynthesis, respiration and transpiration in mangrove forests in South Florida. In *Ecological studies II. Tropical ecological systems. eds F.B. Golley and E. Medina*, pp. 335-50. New York: Springer Verlag.
46. Lugo, A.E., M. Sell and S.C. Snedaker. 1976. Mangrove ecosystem analysis. In *Systems analysis and simulation in ecology. ed. B.C. Patten*, pp. 113-45. New york: Academic Press
47. Lugo, A.E. 1974. The ecology of mangroves. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 5: 39-64.
48. Nguyen khoa Lan, 1996. Some results of research on wood anatomy of mangrove species, In. *the proceedings of the national workshop on the relationship between mangrove reforestation and coastal aquaculture in Vietnam, Hue City* 31 Oct. - 2 Nov. 1996, p. 92-96
49. Maurand,P.1943. L'Indochine forestiere. Inst. Rech. agron. Indochine,2-3:185-194.
50. Mazda Yoshihiro, Michimasa Magi, Motohiko Kogo and Phan Nguyen Hong, 1997. Mangroves as a coastal protection from waves in the Tong King delta, Vietnam. *Mangroves and Salt Marshes* 1: 127 - 135.
51. Macnae, S.E. 1966. Mangroves in eastern and southern Australia. *Aust. J. Bot.*.14: 67-104.

52. Macnae, S.E. 1967. Zonation within mangroves associated with estuaries in North Queensland. In *Estuaries. ed: G.H. Lauff*, pp. 432-41. Amer. Assoc. Adv. Sci. Publ: 83.
53. Macnae, S.E. 1968. A general account of the fauna and flora of mangrove swamps and forests in the Indo-West Pacific region. *Adv. Mar. Biol.* 6: 73-270.
54. Maxwell, G.S. 1995. Ecogeographic variation in kandelia candel from Brunei, Hongkong and Thailand. *Hydrobiologia* 295: 59-65
55. Moriarty, D. J. W., and P. C. Pollard. 1981. ADN synthesis as a measure of bacterial productivity in seagrass sediments. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 5: 151-56.
56. McMillan, C. 1971. Environmental factors affecting seedling establishment of the black mangrove on the central Texas coast. *Ecology* 52: 927-30.
57. Meyers, S. P., P. A. Orput, J, Simms and L. L. Boral. 1965. Thalassiomycetes. VII. Observations on fungal infestations of turtle grass, *Thalassia testudinum* Koenig. Bull. *Mar. Sci.* 15: 548-64.
58. Nedwell, D. B. 1974a. Sewage treatment and discharge into tropical coastal waters. *Search* 5(5): 187-90.
59. Odum, W. E. 1970. Pathways of energy flow in South Florida estuary. *Sea Grant tech. Bull. Miami Univ.* 7: 1-162.
60. Odum, W. E. 1975a. Mangrove forest and aquatic productivity. In Coupling of land and water systems, ed. A. D. Hegher, pp. 129-36. *Ecological Studies 10*. New York: Springer-Verlag.
61. Onuf, C. P., J. M. Teal, and I. Valiela. 1977. Interactions of nutrients, plant growth and herbivory in a mangrove ecosystem. *Ecology* 58: 514-26.
62. Nguyễn Bội Quỳnh. 1996. Danh mục các loài thực vật rừng ngập mặn Cần Giờ, T.P. Hồ Chí Minh. *Báo cáo tại hội nghị ' Xây dựng khu dự trữ sinh quyển Rừng ngập mặn Cần Giờ, T.P. Hồ Chí Minh'* 1.1/1996;
63. Poore, G. C. B., and J. D. Kudenov. 1978. Benthods around an out-fall of the Weribee sewage-treatment farm, Port Philip Bay, Victoria, *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 29: 157-67.
64. Phân viện điều tra qui hoạch rừng II Tp. Hồ Chí Minh, 1995. Công trình qui hoạch phát triển kinh tế lâm nghiệp vùng sinh thái trong điểm cửa sông Cửu Long: 25 - 31; 146 - 155.
65. Rabinowitz, D. 1975. Planting experiments in mangrove swamps of panama. In *Proceedings of the International Symposium on Biology and Management of Mangroves, eds G. E. Walsh, S. C. Snedaker anf H. J. Teas, vol. 1*, pp. 385-93, Gainesville: Univ. Florida.

66. Rabinowitz, D.1978a. Dispersal properties of mangrove propagules. *Biotropica* 10(1): 47-57.
67. Redfield; J. A. 1983. Trophic relationships in mangrove communities. In Mangrove ecosystems in Australia,ed. B. F. Clough, pp. 259-63. Published by *AIMS with ANU Press*.
68. Smillie, R. M. 1984. Cold and heat tolerances of mangroves and seagrass species. Unpubl. *Final Report (MST Grant) No.* 81/032IT.
69. Smith, W. O., and P. A. Penhale: 1980. The heterotrophic uptake of dissolved organic carbon by eelgrass (Zostera marinaL.) and its epiphytes. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 48:233-42.
70. Snedaker, S. C. 1992. Mangrove species zonation: Why? In Contribution to the *ecology of halophytes*, eds D. N. Sen and K. S. Rajpurohit, vol. 2, pp.111-25. The Hague: Dr. W. Junk.
71. Snedaker, S. C., J. A. Jimenez and M. S. Brown. 1981. Anomalous aerial roots in Avicennia germinans (L.) L. in Florida and Costa Rica. *Bull. Mar. Sci.* 31:467-70.
72. Scholander, P. F. 1968. How mangrove desalinate seawater. *Physiol. Plantarum* 21:251-61.
73. Scholander, P. F., H. T. Hammel, E. D. Bradstreet and E. A. Hemmingsen. 1965. Sap pressure in vascular plants. *Science* 148: 339-46.
74. Scholander, P. F., H. T. Hammel, E. Hemmingsen and W. Garey. 1962. Salt balance in mangroves. *Plant Physiol.* 37: 722-29.
75. Scholander, P. F., L. Van Dam and S. I. Scholander. 1955. Gas exchange in the roots of mangroves. *Amer. J. Bot.* 42: 92-98.
76. Sidhu, S. S. 1975a. Culture and growth of some mangrove species. In *Proceedings of the International Symposium on Biology and management of Mangroves, eds G. E. Walsh, S. C. Snedaker and H. J. Teas, vol.* 1, pp. 394-401. Gainesville: Univ. Florida.
77. Stoddart, D. R., G. W. Bryan and P. E. Gibbs. 1973. Inland mangroves and water chemistry, Barbuda, West Indies. J. Nat. Hist. 7: 33-46.
78. Storch, V., and U. Welsh. 1972. Ultrastructure and histochemistry of the integument of air-breathing polychaetes from mangroves swamps of Sumatra. *Mar. Biol.* 17: 137-44.
79. Tenore, K. R. 1977. Food chain pathways in detrial feeding benthic communities: a review with new observations on sediment resuspension and detrial recycling. In Ecology of marine benthods, ed. B. C. Coull, pp. 37-53. Columbia: *Univ. South Carolina Press*.

80. Tenore, K. R., L. Cammen, S. E. G. Findlay and N. Phillips. 1982. Perspectives of research of detritus: Do factor controlling the availability of detritus to macroconsumers depend on its source? J. *Mar. Res.* 40: 473-90.
81. Tenore, K. R., and W. M. Dunstan. 1973. Comparison of feeding and biodeposition of three bivalves at different food levels. *Mar. Biol.* 21: 190-95.
82. Thom, B. G. 1975. Mangrove ecology from a geomorphic viewpoint. In *Proceedings of the International Symposium on biology and management of Mangroves, eds G. E. Walsh, S. C. Snedaker and H. J. Teas, vol.* 2, pp. 469-81. Gaiesville: Univ. Florida.
83. Tomlinson, P. B., J. S. Bunt, R. B. Primack and N. C. Duke. 1978. Lumnitzera rosea (Combretaceae) - Its status and floral morphology. J. *Arnold Arboreturn* 59(4): 342-51.
84. Tomlinson, P. B., R. B. Primack and J. S. Bunt. 1979. Preliminary observations on floral biology in mangrove Rizophoraceae. *Biotropica* 11:256-77.
85. Tomlinson P. B., 1986. Ecology of mangroves. *Cambridge University Press.*
86. Phạm Đình Trọng, 1996. Động vật đáy trong hệ sinh thái rừng ngập mặn ven biển Tây Bắc Vịnh Bắc Bộ. *Luận án PTS. Sinh học*, ĐHSP, Hà Nội
87. Lê Thị Trễ, 1996. Nghiên cứu hiện tượng sinh sản (reproductive phenology) của hai loài: dước vòi (Rhizophora stylosa) và trang (Kandelia candel) ở huyện Thạch Hà - Hà Tĩnh. Trong *Tuyển tập Hội thảo Quốc gia "Mối quan hệ giữa phục hồi hệ sinh thái rừng ngập* mặn và nuôi trồng hải sản ven biển Việt Nam". Huế, 31/10-2/11, 1996: 182-187.
88. Nguyễn Hoàng Trí, 1986. Góp phần nghiên cứu sinh khối và năng suất quần xã rừng dược dôi (Rhizophora apiculata) ở Cà Mâu - tỉnh Minh Hải. *Luận án PTS Sinh học.*
89. Nguyen Hoang Tri, 1983. Litter Fall in the Pure Rhizophora apiculata Forests at Ca Mau Cape, South Vietnam. In *Proceeding of the First National Workshop on Mangrove Ecosystems, Ha Noi*, 1983.
90. Nguyen Hoang Tri, 1984. Ecological Proproperties of Mangrove Forests in Ca Mau Cape in Southern Vietnam. In *Proceeding of The Second UNDP/UNESCO Regional Training Course on Mangroves*, Goa, India, November 1984.
91. Nguyen Hoang Tri, 1986. Studies on the structure and Function of Mangroves in Ca Mau Peninsula in Southern Vietnam. In *Proceeding of UNDP/UNESCO Regional Mangrove Project RAS/79/002 Symposium on*.

Perspectives in Research and Management of Mangrove Ecosystems. Colombo, Sri-lanka 1986.
92. Tuan, M. S.; Ninomiya, I.; Ogino, K. 1994. Salt uptake and excretion in the mangrove, Avicennia marina (Forsk.) *Vierh. Tropics*. 5: 69-79
93. Tuan, M. S., 1995. Ecophysiological response of Avicennia marina seedlings to salinity. *Doctoral thesis. Ehime University*, Japan.
94. Vu Van Cuong, H. 1964. Flore et vegetation de la mangrove de la region de Saigon-Cap Saint Jacques, Sud Vietnam. *Ph. D. dissertation*, Univ. Paris.
95. Walker, D., ed. 1972. Bridge and Barrier - The natural and cultural history of Torres Strait. Canberra: *ANU Press*.
96. Walsh, G. E. 1974. Mangroves; A review. In Ecology of halophytes, eds R. J. Reimhold and W. H. Queen, pp. 51-174. *New York: Acandemic Press*.
97. Wells, F. E. 1984. Comparative distribution of macromolluses and macrocrustaceans in a North Western Australia mangrove system. *Aust. J. Mar: Freshw. Res*. 35: 591-96.
98. Whittaker, R. H., G. E. Likens and H. Lieth. 1975. Scope and purpose of this volume. In *Ecologycal studies 14. Primary productivity of the Biospherer*; eds H. Lieth and R. H. Whittaker, pp. 3-5. New York: Springer-Vrlag.
99. Wright, L. D., J. M. Coleman and M. W. Erickson. 1974. Analysis of major systems and their deltas: Morphologic and process comparisions. *Coastal Studies Institute, Louisiana State University*, Tech. Report 156.

Phụ lục 1: DANH MỤC THỰC VẬT KHU DỰ TRỮ SINH QUYỂN RỪNG NGẬP MẶN CẦN GIỜ, T.P. HỒ CHÍ MINH

Tên khoa học (Họ và loài)	Tên địa phương	Điều kiện môi trường
Pteridaceae		
1. *Acrostichum aureum* L.	Răng	Nơi sáng, đất chặt, cao, ít ngập triều, ven kênh rạch
Acanthaceae Vahl.		
2. *Acanthus ebracteatus* Wall	Ô rô	Ven sông, ven kênh rạch nước lợ, nước mặn
3. *A. ilicifolius* L.	Ô rô gai	- nt -
Aizoaceae		
4. *Sesuvium portulacustrum*	Sam biển	Triều cao, mặn, lợ
Avicenniaceae Blume		
5. *Avicennia alba* Blum (*A. marina* (Frosk Vierth Var. alba (Blum) Back.	Mắm trắng	Bãi bùn lỏng mới bồi, ven sông
6. *A. lanata* Ridley	Mắm quăn	Đất sét chặt, đất cát, nền ruộng muối cũ
A. marina (Forsk.) Vierh.		
7. *A. officinalis* L.	Mắm đen	Đất sét chặt, ven sông, ven kênh
Bignoniaceae		
8. *Dolichandrone grathacea* (Somum)	Quao nước	Đất cao ven bờ sông, kênh rạch, nước mặn, nước lợ
Chenopodiaceae maritima		
9. *Suaeda maritina* L.	Muối biển	Đất cao chặt, cát ướt, đất ngập triều cao
Combretaceae		
10. *Lumnitzera racemosa* Wild	Cóc vàng	Đất cao, thường là đất hơi chặt, ít ngập
L. littorea (Jack) Voigt.		
Euphorbiaceae		
11. *Excoecaria agallocha* L.	Giá	Đất cao hơi chặt ít ngập triều, nước mặn, nước lợ
Meliaceae		
12. *Xylocarpus granatum* Koen	Xu ổi	Đất cao, sét hơi chặt, ngập triều cao
13. *X. mekongensis* Pierre (*X. molluccensis* Waston)	Xu	- nt -
Myrsinaceae		
14. *Aegiceras corniculatum* L.	Sú	Đất sét hơi chặt hoặc cát ngập triều trung bình, ven sông rạch
Rhizophoraceae		
15. *Bruguiera gymnorrhiza* L.	Vẹt dù	Trên đất sét hoặc cát cao, ít ngập triều
16. *B. parviflora* Wight-Arn ex Griff	Vẹt khang	Đất bùn mềm ven sông ven kênh

17. *B. sexangula* (Lour) Poir-in Lamk	Vẹt tách Vẹt đen	Đất bùn mềm, nước mặn, nước lợ, ven sông ven kênh rạch
18. *Ceriops decandra* (Griff) Dinghou	Dà quánh	Đất bùn sét chặt ngập triều trung bình
19. *C. tagal* (Prers) C.B. Rob	Dà vôi	
20. *Kandelia candel* (L.) Druce	Trang	Đất bùn mềm, cát
21. *Rhizophora apiculata* Bl.	Đước đôi	Đất set hơi chặt, ngập triều trung bình
22. *R. Mucronata* Lamrk	Đẳng-Đước nhọn	Đất sét cát ngập triều trung bình
23. *R. Stylosa* Griff		- nt -
Rubiaceae		
24. *Scyphiphora hydrophyllaceae* Gaertn	Côi	Đất sét hơi chặt
Sonneratiaceae		
25. *Sonneratia alba* J. Smith	Bần trắng	Đất mới bồi ngập triều thấp và trung bình
26. *S. caseolaris* (L) Engler	Bần chua	Đất bùn mềm mới bồi vùng nước lợ
27. *S. ovata* Backer	Bần ổi	Đất bùn cát mới bồi, luôn ngập triều
Sterculiaceae	Họ trôm	
28. *Heritiera littoralis* Dry	Cui biển	Đất sét chặt mặn, lợ ngập triều cao
Araceae	Họ ráy	
29. *Cryptocoryne ciliata* (Roxb) Scoff	Mái dầm	Đất nước lợ
Palmae		
30. *Nypa fruticans* Wurmb	Dừa nước	Đất bùn mềm, triều trung bình, dọc các kênh, mặn, lợ
31. *Phoenix padulosa* Roxb	Chà là	Đất sét chặt, cao ven các kênh rạch mặn, lợ
Annonaceae		
32. *Annona glabra* L. Gaertner.	Bình bát	Nước lợ, ven bờ, ven rừng
Apocynaceae	Họ trúc đào	
33. *Cerbera odollam* gaertn	Mướp xác vàng	- nt -
Asclepiadaceae	Họ thiên lý	
34. *Finlaysonia obovata* Wall	Thiên lý dại	Rừng thí sinh, trên đất cao
35. *Gymnanthera nitida* R. B.	Dây mủ	
36. *Sarcolobus globosus* Wall	Dây cám	- nt -
Asteraceae		
37. *Pulchea indica* (L) Less	Lức	Đất chặt cao, ít ngập triều mặn, lợ
38. *Tridax procumbeu* L.	Cỏ mui	Rừng thí sinh; bờ đê nước mặn
39. *Wedelia biflora*	Sơn cúc	Đất cao ít ngập triều
Caesalpinioideae		
40. *Instsia biguga*	Gõ biển	Đất cao

Bignoniaceae
Dolichandrone spathacea (L.f.) K. Schumann.

Convolvulaceae		
41. *Pomosa pes-caprae* (L.) R.	Muống biển Họ lộc vừng	Đất cát, cao lợ mặn
Lecythidaceae		
42. *Barringtonia acutangula* (L.) G.	Chiếc	Bờ kênh rạch nước
43. *B. asiatica* (L.) Kurz	Chiếc vàng	- nt -
44. *B. racemosa* (L.) Spreng	Tim lang	- nt -
Boruginaceae		
45. *Cordia cochinchinensis*	Tân mộc lang	Đất chặt cao ít ngập
Fabaceae		
46. *Derris triflorum* Lour	Cóc kèn	Đất cao cứng chặt chỉ ngập triều cao. Ven bờ kênh rạch
Loranthaceae		
47. *Denndrophtoe* sp.	Tầm gửi	Ký sinh trên cây giá
48. *Viscum ovalifolium* Willd	Tầm gửi lá	
Malvaceae		
49. *Hibiscus populnea* (L.) *Solander excorrea*	Tra	Đất cao cứng chặt, chỉ ngập triều cao, ven bờ kênh rạch
50. *H. tiliaceus* L.	Tra	
51. *Thespesia populnea* (L) Sol.	Tra biển	- nt -
Meliaceae		
52. *Amoaza cucullata* Roxb	Dái ngựa nước	Bờ kênh rừng ngập mặn
Salvadoraceae		
53. *Azima sarmentosa*	Chùm lé	Đất sét cao, mặn ít ngập triều
Verbenaceae		
54. *Clerodendrum inerme* (L) Gaertn	Vạng hôi, chùm rộng ngọc nữ biển	Đất sét chặt, cát cao, ít ngập triều
Vitaceae		
55. *Cayrabia trifilia*	Dây vác	Đất sét chặt cao, ít ngập triều
Lớp một lá mầm		
Amary Ilidaceae		
56. *Cirinum asiaticum* L.	Nàng Họ ráy	Bãi bờ kênh, nước lợ
Araceae		
57. *Lasia spinosa*	Chóc gai Họ cói	Rạch có nước triều
Cyperaceae		
58. *Cyperus elatus*	U du	Đất sét chặt cao ít ngập triều
59. *C. malaccensis*	Cói	Vùng nước lợ, đất bùn ngập nước
60. *C. tagitoformis* Roxb ?	Lác	- nt -
tegetiformis Roxb	lác chiếu	

C. stoloniferus Vahl = Cỏ hẻ

61. *C. soloniferus* Roxb	Cỏ gấu biển	- nt -
62. *Fimbristylis littoralis*	Cỏ lông tượng	Đất cao, mặn, lợ ít ngập nước
63. *F. ferruginea* (L) Vahl	Cỏ lông	- nt -
Flagellaraceae		
64. *Flagellaria indica* L.	Mây nước	Đất cao, lợ ít ngập nước triều
Poaceae		
65. *Cynodon dactylon* (L) Pers	Cỏ gà	Đất cao, rừng được trồng
66. *Phragmites karka* Trin	Sậy	Đất trống ven RNM
67. *Sporobodus virginicus* L.	Cỏ cáy	- nt -

Sporobolus

Thực vật trên đất cao

Parkeridaceae		
1. *Ceratopteris thalictroide* (L.) Brongn	Họ bòng bong	
Shizaeaceae		
2. *Lygodium scanden*	Bòng bong	Đất cao
3. *L. japonicum*	Bòng bong	- nt -
	Họ rau rền	Vườn đất cao
Amarantaceae		
4. *Achyranthes aspera* L.	Cỏ xước	Đất cao
5. *Altenanthera sessilis* R. Br.	Rau dệu	Vườn đất cao
6. *Amarantaus spinosus* L.	Dền gai	Vườn nhà, ven nhà
7. *A. viridis* L.	Dền xanh	Nơi ẩm
Annonaceae		
8. *Annona squamosa*	Mãng cầu ta	Gây trồng trên đất cao
9. *A. muricata glabra*	Bình bát ghép mãng cầu	Gây trồng trên đất phèn và phèn nặng
10. *Uvaria* sp.		
Anacardiaceae		
11. *Anacardium occidentale*	Đào lộn hột	- nt -
12. *Lannea coromandelina*	Cóc chuột	- nt -
13. *Mangifera indica*	Soài	- nt -
14. *Spodias finnata*	Cóc rừng	- nt -
Apocynaceae		
15. *Catharanthus roseus*	Dừa cạn	- nt -
16. *Wrightia tomentosa*	Lòng mức	- nt -
Asclepiadaceae		
17. *Secamone elliptica*		
Asteraceae	Họ cúc	
18. *Ageratum conyzoides* L.	Cỏ cứt heo	Nơi ẩm, vườn
19. *Crepis* sp.		

20 *Eclipta alba* (L.) Harsk	Cỏ mực	Ven ruộng vườn
21 *Eufaatorium odoratum* L.	Cỏ lào	Ven đường đất cạo
22. *Vernonia cinera* L.	Bạch đầu ông	
Bombaceae		
23. *Bombax anbidum* Gagn.	Gòn rừng	Trồng ven nhà đất cao
24 *Ceiba petandra* (L.) Gaertn	Gòn	
Bignoniaceae	Nác nác	
25. *Oroxylom indicum*		
Capparidaceae		
26. *Capparis micrantha* DC. Subbsp micranther	Cáp gai nhỏ	
	Họ phi lao	
Casuarinaceae		
27 *Casuarina equisetifolia*	Phi lao	Trồng ở bãi cát ven biển
	Họ đậu	
Caesalpiniaceae		
28. *Banhinia crirtisis* Prain.	Móng bò	
29. *Cassia splendida*	Muồng	
30. *C. tora* L.	Thảo quyết minh	Mọc dại ven đường, đất cao
31. *Caesalpinia pulcherrima* Sw.	Phượng vĩ	- nt -
32. *Piliostigma malabarica*	Lá vang	
33. *Tamarindus indica*	Me	
Combretaceae		
34. *Ter minaliaceae*	Bàng	Trồng ven nhà
Commelinaceae		
35. *Commelina bengalensis* K.	Cỏ đầu rìu	Nơi ẩm, đất cao, vườn
36. *C. communis* Kunth	Rau trai	- nt -
Euphorbiaceae		
37. *Euphorbia luita* L.	Cỏ sữa lông	Vườn, đất cao
38. *Phyllathus acidus*	Chùm ruột	Trồng trên đất cao, ven nhà
39. *P Nirurill* L.	Chó đẻ	Đất cao, vườn
40. *Manihot esculenta*	Sắn (kh. mì)	Trồng trên đất cao
Fabaceae		
41. *Aeschynomene americana*	Điền ma mỹ	
42. *A. spera* L.	Tổ đỉa	Ven đường
43. *Desmodium* sp.		- nt -
44. *Erythrina variegata*	Bông nem	
45. *Sesbania saban*	Điền thanh	Mọc hoang ven đường
46. *Vigna lutea*	Dây dậu đại	
Lauraceae		

47. *Litsea polyantha*	Bời lời nhiều hoa	Mọc hoang
Malvaceae		
48. *Hibiscus radiatus* car	Bụp tía	Mọc trên cát
Meliaceae		
49. *Chukrasia* sp.		Đất cao
Menispermaceae		
50. *Cissampelos parcira*	Dây hồ đằng lông	Mọc hoang nơi trống
Moraceae		
51. *Ficus religiosa* L.		
Melastomaceae		
52. *Melastoma affine*	Mua	Đất cao ven đường
Meliaceae		
53. *Melia azedaras*	Xoan	Trồng gần nhà
Mimosoideae		
54. *Albizia vialenea*	Sống rắn	
55. *Acacia. auriculiformis Acunmex Benth*	Keo bông vàng	Trên đất đã lên líp
56. *A. mangium* Wield	Keo lá lớn	Ven đường
57. *Leucoena leucocephala*	Keo dậu	- nt -
58. *Mimosa diplotricha C. Wght ex Sauvalle*	Mắc cỡ gai	Ven đường nơi sáng
Myrtaceae		
59. *Eugenia jambolana*	Trâm ổi	Trồng nơi đất phèn, đất phèn nhiễm mặn
60. *Melaleuca cajuputi*	Tràm	Trồng trên đất đã lên líp, ven đường
61. *Eucalyptus cammandulennsis*	Bạch đàn trắng	- nt -
62. *E. terreticornis*		
63. *Psidium guiajava*	ổi	
Nyctaginaceae		
64. *Bougainvillea spectabilis*	Bông giấy	Trồng cây cảnh
Ocnothreraceae		
65. *Ludwigia hyssopifolia* (G. Don) Exell	Khế	Trồng trong vườn
Oxalidaceae		
66. *Averrhoa caromibola*		
Pappilioniodeae		
67. *Desneodium oblatum* Bakex Kurj		

68. *Mecopus nidulans* Bent Ochin		
69. *Mucuna pruricus* (L.) DC.	Mắt mèo	
	Họ rau răm	
Polygonaceae		
70. *Polygonum barbatum* L.	Cây nghể	Nơi ẩm, vườn
Rhamnaceae		
71. *Ziziphus ocnophia* (L.) Mill	Táo rừng	Cây mọc dại
72. *Z. mauritiana*	Táo ăn	Trồng trong vườn
Rhizophoraceae		
73. *Carallia lucida*	Săng mã	
Rubiaceae		
74. *Hedyotis corymlosa*	Cóc mặn	
75. *Oldenlandia precox* Pierre		
76. *Psycxhotria serpens*		Mọc dại
		- nt -
Sapindaceae		
77. *Euphoria longan*	Nhãn	Trồng quanh nhà
Sapotaceae		
78. *Manilkara hexandra*	Găng néo	
Scrophulariaceae		
79. *Scoparia dulcis* L.	Cam thảo nàm	Trồng ven đường
Solanaceae		
80. *Physalis angulate* L.		
Sterculiaceae		
81. *Firmania simplex*	Trôm trôm	
Tiliaceae		
82. *Colona nubea* Gagn.		
83. *Grewia* sp.		
Verbenaceae		
84. *Verbena officinalis* L.	Bình linh	
85. *Vitex cannabifolia* Sieb & Zucc		
	Họ cau dừa	
Arecaceae		
86. *Cocos nucifera*		
Cyperaceae		
87. *Cyperus bacamyxb* M.		
88. *Cyperus compressus* L.	U du	Ven đường bờ vuông tôm, đất cao
89. *C. difformis* L.		

90. *C. haspan* L.		
91. *C. iria* L.		Ven đường nơi ẩm
92. *C. pilosus*		đất cao
93. *C. polystachyrus* R.Br.		- nt -
94. *C radians* V. & M.	Lác cát	Nơi khô, đất cát
95. *C. rotundus* L.	Cỏ gấu	Đất cạo, đất sét
96. *C. tagetiformis* R.	Lác nước	Bãi lầy nước lợ
97. *Fimbristylis milliacea* L.	Cỏ chát	Nơi ẩm bãi lầy nước lợ
98. *Pycreus sanguinulentus* Nees		Nơi ẩm, đất cao ven kênh
99. *Scirpus supinus* L.		- nt -
100. *Scleria bancana*	Cỏ mây	Nơi ẩm dưới tán
101. *S. oblata*		- nt -
Poaceae	Họ cỏ	
102. *Amphilophis pertusa* S.		
103. *Axonopus compressus* B.		Đất cao ven đường, nơi sáng
104. *Bambusa spinosa*	Tre gai	Đất cao, ven đường
105. *Bambusa* sp.		Trồng
106. *Cenchrus inflexus* R.		
107. *Chloris barbata* Sw.		
108. *Crysopogon aciculatus* T.	Cỏ may	Ven đường cao
109. *Dactyloctenium aegyptiacum* W.	Cỏ chân gà	Ven đường, bãi trống
110. *Ischaemun ciliare* Retz		Ven đường vườn
111. *Imperata cylindrica* P.B	Cỏ tranh	- nt -
112. *Eragrostis amabilis* Wightt	Cỏ trứng rận	Ven đường đất cát
113. *E. elongata* J.		
114. *E. leusin indica* G.	Cỏ mần trầu	Ven đường nắng
115. *Lersia hexaudra* Sw.	Cỏ bắc	Ven nhà, nơi ẩm
116. *Oryza sativa*		Nơi ẩm, ven ruộng
117. *Panicum repens* L.	Cỏ ống	Nơi đất cao ven đường
118. *Pasfalum scrobiculatum* L.	Cỏ trứng ếch	Nơi ẩm ven nhà
119. *Setaria aurea* A. Br.		
120. *Setaria barbata* Kunth		
121. *Setaria palmifolia* Stapf	Cỏ lá tre	Trong vườn nhà

Nguồn: P.N.Hồng (1983), N.B. Quỳnh (1996)

Phụ lục 2: DANH MỤC MỘT SỐ LOÀI PHÙ DU ĐỘNG VẬT ĐIỀU TRA TẠI CẦN GIỜ, T.P. HỒ CHÍ MINH, THÁNG 6 - 1993

Tên khoa học

I. Copepoda - Giáp xác chân chèo

Paracalanidas
- *Paracalanus parvus* (Claus, 1863)
Temoridae
- *Temora furbinata* (Dana, 1849)
Centropagidae
- *Centropages calaninus* (Dana, 1849)
Pseudodiaptomidae
- *Pseudodiaptomus incisus* Shen and lee, 1963
- *Pseudodiaptomus beieri* Brehm, 1957
- *Schmackeria speciosa* Dang, 1967
Pontellidae
- *Labidocera sinilobata* Shen and Lee, 1963
Acartiidae
- *Acartia clausi* Giesbrecht, 1889
- *Acartia pacifica* Steuer, 1915
- *Acartiella sinensis* Shen and Lee 1963
Oithonidae
- *Oithona nana* Giesbrecht
Tachidiidae
- *Euterpe acutifrons* (Dana, 1847)

II. Mysidacea
Mysidae
- *Mesopodepsis alabberi* (Van Bene den)

III. Decapoda - Bộ mười chân
Luciferidae - Tôm Lan
- *Lucifer pennilicifer* Hansen
IV. Chaetognatha - Hàm tơ
- *Sagitta pulchra* Doncarster

V. Prochordata
Appendieu Laridae
- *Oikopleura longicauda* Vogt

VI. **Ấu trùng tôm, cua**
(Decapoda)

VII. Ấu trùng giun nhiều tơ (Polychaeta)

VIII. Ấu trùng Nauplius - Copepoda

Nguồn: P.N.Hồng (1983), Bùi Lai (1996)

Phụ lục 3: DANH MỤC MỘT SỐ LOÀI PHÙ DU THỰC VẬT ĐIỀU TRA TẠI CẦN GIỜ, T.P. HỒ CHÍ MINH, THÁNG 6 - 1993

Số TT	Tên khoa học
	Cyamphyta
1	Ocillatoria subbrevis Schmidle
2	O. limosa J. Hg. ax Gomont.
	Pyrrophyta
3	*Ceratium hircus*
4	*C. macroceros*
5	*C. lineatum*
6	*C. kojoidii*
7	*Peridinium granii*
8	*P. oratum*
9	*P. sp.*
10	*Dinophysis homunculus*
	Bacillariophyta
11	*Melosira nummuloides*
12	*Oyclotella comta*
13	*Cyclotella bodanica*
14	*Coscinodiscus astromphalus*
15	*C. astromphalus*
16	*C. jonessianus*
17	*C. apinosus*
18	*C. janissachii*
19	*C. perforatus*
20	*C. gigas*
21	*C. subtilis*
22	*C. excentricus*
23	*C. linextus*
24	*C. nobolis*
25	*C. rudiatus*
26	*Thalassiosira subtilis*
27	*Th. pacifica*
28	*Skeletonema cortatum*
29	*Leptocylindrus danicus*
30	*Guinadia sp.*
31	*Rhizosolenia setigera*
32	*Rhizosolenia robusta*
33	*R. alata f. gracillima*
34	*R. alata f. indica*
35	*Chaetoceros abnormis*
36	*C. affinis*
37	*C. pseudocurvicetus*
38	*Ch. paradoxus*

39	*Ch. lorengianus*
40	*Ch. peruvianus*
41	*Biddubphin aurita*
42	*B. regixa*
43	*Hemiaulus sinensis*
44	*Ditylum sol*
45	*Streptotheca thamesis*
46.	*Thalassiothrix longissima*
47	*T. fracun felldii*
48	*Thalassionema nizchioides*
49	*Navicula lyra*
50	*N. granii*
51	*Gyrosigma balticum*
52	*Pleurosigma elongatum*
53	*P. angulatum*
54	*P. raetum*
55	*P. pelagicum*
56	*Nitzschia lorenziana*
57	*N. longissima*
58	*N. closterium*
59	*N. punges*
60	*N. soiata*
61	*Surirella smithii*
62	*S. biseriata*
	Chlorophyta
63.	*Spircgyra sp.*

Nguồn: P.N.Hồng (1983), Bùi Lai (1996)

Phụ lục 4: DANH MỤC MỘT SỐ LOÀI ĐỘNG VẬT ĐÁY ĐIỀU TRA TẠI RỪNG NGẬP MẶN CẦN GIỜ TP. HỒ CHÍ MINH

Số TT	Tên khoa học
	I - Giun nhiều tơ (Polychaeta)
1.	*Nephthys polybranchia*
2.	*Nephthys oligobranchia*
3.	*Ceratonereis miriabilis* Kinbeng
4.	*Glycinde armigera* Moore
5.	*Aricia sp.*
6.	*Scoloplos armiger* (O.P.Muller)
7.	*Prionoupio japonnicus* Okuda
8.	*Stylaroides plumosus* O.F. Muller
9.	*Maldane sarsi* Malmgren
10	*Sabellaria cementarium* Moor.
11	*Sternaspis scutata* (Ranjani).

12.	*Terebellides stroarni* Sars
13.	*Bispire polymorpha* Johnson
	II - Giáp xác (Crustacea)
14.	*Apseudes Vietnamensis* Dang
15.	*Tachea sinensis* Thieneman.
16.	*Melita sp.*
17.	*Exosphaeroma parva* Barnard
18.	*Corophium intermedium* Dang.
19.	*Grandidierella lignorum* Barnard
20.	*Alpheua lottini* Guerin
	III-Thân mềm 2 vỏ (Bivalvia-Mollusca)
21.	*Aloidis sp.*
	IV- Da gai (Echinodermata)
22.	*Amphioplus laevis*

Nguồn: P.N.Hồng (1983), Bùi Lai (1996)

Phụ lục 5: DANH MỤC MỘT SỐ LOÀI CÁ ĐIỀU TRA TẠI CẦN GIỜ, T.P. HỒ CHÍ MINH

Số TT	Tên khoa học	Tên địa phương
	Elopidae	**Họ cá cháo biển**
1	*Elops saurus* Linnaeus, 1976	*Cá cháo biển*
	Megalopidea	**Họ cá cháo lớn**
2	*Megalops cyprinoides* (Broussonet, 1782)	*Cá cháo lớn*
	Albulideae	**Họ cá mòi đường**
3	*Albula vulpes* (Linnaeus, 1758)	*Cá mòi đường*
	Chanidae	**Họ cá măng biển**
4	*Chanos chanos* (Forskal, 1775)	*Cá măng sữa*
	Clupeidae	**Họ cá trích**
	Dorosomatinae	**Họ phụ cá mòi**
5	*Nematolosa nasus* (Bloch, 1795)	*Cá mòi mõm tròn*
	Frisginasterinae	**Họ phụ cá bẹ**
6	*Ilisha elongata* (bennette, 1830)	*Cá đé*
7	*Ilisha indica* (Swainson, 1839)	*Cá bẹ ấn Độ*
8	*Ilisha dussumeeri* (Cu & Va, 1847)	*Cá bẹ lầm*
9	*Ilisha pristigatroides* (Bleeker)	*Cá Bẹ*
	Alosinae	**Họ phụ cá cháy**
10	*Hilsa kanagurta* (Bleeker)	*Cá cháy nam*
11	*Hilsa toni* (Cu & Va, 1847)	*Cá cháy bẹ*
	Engraulididae	**Họ cá trỏng**

12	*Stolephorus commersonii* (Lacepede, 1903)	*Cá cơm thường*
13	*Stolephorus tri* (Bleeker, 1852)	*Cá cơm sọc tiêu*
14	*Stolephorus heterolobus* (Riippell, 1835)	*Cá cơm môm nhọn*
15	*Lycothrissa crocodilus*	*Cá lẹp sấu (Tốp xuôi)*
16	*Coilia grayii* Richardson, 1844	*Cá lành canh trắng*
17	*Coilia mystax* (Linnaeus, 1758)	*Cá lành canh đuôi phượng*
18	*Coilia dussumieri* Valenciennes, 1848	*Cá lành canh chóp vàng*
19	*Coilia macrognathus* Bleeker, 1852	*Cá mề gà*
	Harpodontidae	**Họ cá khoai**
20	*Harpodon nehereus (Hamilton-Buchanan, 1822)*	*Cá khoai*
	Muraenesocidae	**Họ cá dưa**
21	*Muraenesox cireneus* (Forskal, 1775)	*Cá dưa*
22	*Muraenesox talabon* (Cantor, 1850)	*Cá lạt*
23	*Muraenesox talabonoides* (Bleeker, 1853)	*Cá lạc (Cá luy)*
	Ophichthyidae	**Họ cá trình rắn**
24	*Pisoodonophis boro* (Hamiltton & Buchanan, 1822)	*Cá chệnh răng hạt (Lịch củ)*
25	*Pisoodonophis cancrivorus* Richarson, 1844	*Cá nhện ăn cua*
	Flutidae	**Họ lươn đồng**
26	*Macrotrema caligans* (Cantor, 1849)	*Lịch sông*
	Plotosidae	**Họ cá ngát**
27	*Plotosus anguillaris* (Bloch, 1797)	*Cá ngát*
28	*Plotosus canius* Hamiltton 1822	*Cá ngát chó*
	Pangasiidae	**Họ cá tra**
29	*Pangasius Krempfi* Fang and Chaux, 1942	*Cá tra (bông lau)*
30	*Pangasius polyuranodon* Bleeker, 1852	*Cá dứa*
	Ariidae	**Họ cá úc**
31	*Arius maculatus* (Thunberg, 1792)	*Cá úc chấm*
32	*Arius sciurus* H.M. Smith, 1931	*Cá úc trắng*
33	*Arius maculatus* H.M. Smith, 1945	*Cá úc gai mềm*
34	*Arius truncatus* Cuvier & Valenciennes, 1840	*Cá úc nghệ*
35	*Arius caelatus* Cuvier & Valenciennse, 1840	*Cá úc quạt*
36	*Arius sagor* (Hamiltton, 1822)	*Cá vồ chó*
	Cyprinodontidae	**Họ cá sóc**
37	*Strongylura panchax* (Hamilton, 1822)	*Cá bạc đầu*
38	*Strongylurus strongylurus* (Van Hasselt, 1823)	*Cá nhái đuôi chấm*
39	*Strongylura leiurus* (Bleeker, 1850)	*Cá nhái xanh*
40	*Xenentodon canciloides* (Bleeker, 1853)	*Cá nhái*
41	*Ablennes annastomela* (Cuvier & Valenciennes, 1846)	*Cá quại môm nhọn*
	Hemirhamphidae	**Họ cá Lìm kìm**
42	*Hyporhampus unifasciatus* (Ranzai, 1812)	*Cá kìm sông*
43	*Hyporchampus far* (Forskal, 1775)	*Cá kìm chấm*
	Sphynathidae	**Họ cá chìa vôi**
44	*Sygnathus diarong* Bleeker, 1853	*Cá chìa vôi thấp*
	Sphyraenidae	**Bộ phụ cá nhồng**
45	*Sphyraena jello* Cuvier and Valenciennes, 1829	*Cá nhồng vằn*
46	*Sphyraena langsar* Bleeker, 1803	*Cá nhồng thường*

	Mugilidae	**Họ cá đối**
47	*Mugil cephalus* Linaecus, 1785	*Cá đối mục*
48	*Mugil sussumieri* (Cuvier & Valenciennes, 1836)	*Cá đối đất*
49	*Mugil stronglocephalus* Rhichardson	*Cá đối đầu nhọn*
50	*Mugil anpinensis* Oshima, 1922	*Cá đối cối*
51	*Liza tade* (Forskal, 1775)	*Cá đối gành*
52	*Liza vaigiensis* (Quoy and Gaimerd, 1825)	*Cá đối đuôi bằng*
	Polynemidae	**Họ cá nhụ**
53	*Eleutheronema tetradactylus* Shaw, 1804	*Cá nhụ lớn*
54	*Polynemus plebejus* (Brous sonet, 1788)	*Cá nhụ gộc*
55	*Polynemus sextarius* (Bloch and Schneider, 1801)	*Cá nhụ chấm*
56	*Polynemus paradiseus* Linnaaeus, 1758	*Cá phèn vàng*
57	*Lates calcarifer* (Bloch, 1790)	*Cá chẻm*
58	*Psammoperca waigiensis* (Cuvier & Val, 1828)	*Cá vược môm nhọn*
59	*Chanda gymnocephala* (Lacépède, 1802)	*Cá sơn xương*
60	*Ambassis gymnocephalus* (Lacépède, 1802)	*Cá sơn đầu trần*
61	*Ambassis commersoni* (Cuvier & Valenciennes, 1828)	*Cá sơn biển sọc bạc*
62	*Ambassis urotaenia* Bleeker, 1852	*Cá sơn biển đuôi sọc*
	Serranidae	**Họ cá mú**
63	*Epinephelus areolatus* (Forskal, 1775)	*Cá mú chấm*
64	*Epinephelus awoara* (Temminch and Schlegel, 1842)	*Cá sòng gió*
	Theraponidae	**Họ cá ông căng**
65	*Therapon puta* Cuvier and Valenceiennes, 1829	*Cá căng vảy nhỏ*
66	*Therapon theraps* Cuvier and Valenciennes, 1829	*Cá căng vảy to*
67	*Therapon jarbua* (Forskal, 1775)	*Cá căng cát*
68	*Pelates quadrilineatus* (Bloch, 1790)	*Cá căng bốn sọc*
	Leiognathidae	**Họ cá liệt**
69	*Leiognathus splendens* (Cuvier, 1829)	*Cá liệt xanh*
70	*Leiognathus ruconius* (Hamilton, 1822)	*Cá liệt vằn lưng*
71	*Leiognathus lineolatus* (Cuvier & Valenciennes, 1835)	*Cá liệt sọc*
72	*Leiognathus insidiator* (Bloch, 1787)	*Cá liệt chấm*
73	*Leiognathus fasciatus* Lacepede, 1803	*Cá liệt gai lưng dài*
74	*Leiognathus equulus* (Forskal, 1775)	*Cá liệt lớn*
75	*Leiognathus brevirostris* (Cuvier & Valenciennes, 1835)	*Cá liệt môm ngắn*
76	*Leiognathus daura* (Cuvier, 1829)	*Cá liệt sọc vàng*
77	*Leiognathus bindus* (Cuvier & Valenciennes, 1835)	*Cá liệt vảy hồng*
78	*Leiognathus elongatus* (Gunther, 1874)	*Cá liệt dài*
	Sparidae	**Họ cá tráp**
79	*Crenidens calsphorus* Cantor, 1850	*Cá ướp bê-ăng*
	Sciaenidae	**Họ cá đù**
80	*Pseudosciaena soldad* Lacépède, 1802	*Cá sửu*
	Scatophagidae	**Họ cá nâu**
81	*Scatophagus argus* (Linnaeus, 1758)	*Cá nâu*
	Pormacentridae	**Họ cá rô biển**
82	*Abudefduf bengalensis* (Bloch, 1787)	*Cá thia băng gan*
83	*Abudefduf aureus* (Cuvier and Valenciennes, 1830)	*Cá thia vàng*
84	*Abudefduf bankieri* (Richarson, 1846)	*Cá thia sành*
85	*Abudefduf melas* (Cuvier and Valenciennes, 1830)	*Cá rô thia đen*
86	*Abudefduf cyaneus* (Quoy and Gaimard, 1824)	*Cá rô thia xanh*

87	*Abudefduf coelestinus* (Cuvier and Valenciennes)	*Cá thia 6 sọc*
88	*Abudefduf glaucus* (Cuvier and Valenciennes, 1830)	*Cá thia 2 chấm*
89	*Abudefduf curacao* (Bloch, 1787)	*Cá thia vẩy chấm*
90	*Abudefduf saxatilis* (Linnaeus, 1758)	*Cá thia 5 sọc*
	Siganidae	**Họ cá dìa**
91	*Siganus fuscescens* Houttuyn, 1782	*Cá dìa xám*
	Toxotidae	**Họ cá mang rổ**
92	*Toxotes chatareus* (Hamilton, 1822)	*Cá mang rổ*
	Eleotridae	**Họ cá bống đen**
93	*Eleotris fuscus* (Block, 1801)	*Cá bống mọi*
94	*Butis butis* (Hamilton, 1822)	*Cá bống cau*
95	*Oxyeleotris siamensis*	*Cá bống dừa*
	Gobiidae	**Họ cá bống**
96	*Pohonogobius planifrons* (Day, 1873)	*Cá bống râu*
97	*Pseudogobioptis oligastis* (Bleeker, 1875)	*Cá bống trứng*
98	*Oxyurichthys microlepis* (Bleeker, 1849)	*Cá bống răng vàng nhỏ*
99	*Stigmatogobius sadanundio* (Hamilton, 1856)	*Cá bống mít*
100	*Stigmatogobius javanicus* (Bleeker, 1856)	*Cá bống vảy*
101	*Acentrogobius viridipunctatus* (Cu & Valenciennes, 1837)	*Cá bống lá tre*
102	*Acentrogobius atripinnatus* H.M. Smith, 1931	*Cá bống tròn*
103	*Auloparia jenetae* H.M. Smith, 1945	*Cá bống Gia nét*
104	*Glossogobius giuris* (Hamilton, 1822)	*Cá bống cát tối*
105	*Glossogobius sparsipapillus*	*Cá bống cát trắng*
106	*Brachygobius sua* (H.M. Smith, 1931)	*Cá ống điếu*
	Periophthalmidae	**Họ cá thòi lòi**
107	*Periophthalmus schlosseri* (Pallas, 1770)	*Cá thòi lòi*
	Apocrypteidae	**Họ cá bống kèo**
108	*Pseudoipocryptes lanceolatus* (Bloch, 1801)	*Cá bống kèo*
109	*Parapocryptes serperaster* (Richardson, 1846)	*Cá bống xệ*
110	*Boleophthalmus boddarti* (Pallas, 1770)	*Cá bống sao*
	Apocrypteidae	**Họ cá bống kèo**
111	*Pseudoipocryptes lanceolatus*	*Cá bống kèo*
112	*Parapocryptes serperaster* (Richardson, 1846)	*Cá bống xệ*
113	*Voleophthalmus boddarti* (Pallas, 1770)	*Cá bống sao*
	Gobioididae	**Họ cá rễ cau**
114	*Taenioides gracilis* (Cuvier and Valenciennes, 1837)	*Cá bống rễ cau*
115	*Taenioides nigrimarginatus* Hora , 1924	*Cá rễ cau viền đen*
116	*Trypauchen vagina* (Bloch, 1801)	*Cá đèn cày (Bống lỗ)*
	Psettodidae	**Họ cá ngộ**
117	*Psettodes erumei* (Bloch and Schneider, 1801)	*Cá ngộ*
	Soleidae	**Họ cá bơn**
118	*Zebrias zebra* (Bloch, 1787)	*Cá bơn sọc*
119	*Synaptura harmandi* (Sauvage, 1878a)	*Cá lưỡi mèo*
	Cynoglossidae	**Họ cá bơn cát**
120	*Paralagusia bilineata* (Bloch, 1785)	*Cá lưỡi trâu*
121	*Cynoglossus bilineatus* (lacepede, 1802)	*Cá bơn sọc dài*
122	*Cynoglossus macrolepidosta* (Bleeker, 1850)	*Cá bơn lưỡi cát*

123	*Cynoglossus lingua* (Hamilton and Buchanan, 1822)	*Cá bơn lưỡi trâu*
124	*Cynoglossus cynoglossus* (Hamilton and Buchanan, 1822)	*Cá bơn dẹp*
125	*Cynoglossus puncticeps* (Richardson, 1846)	*Cá bơn điểm*
126	*Cynoglossus abreviatus* (Gray, 1834)	*Cá bơn đầu chấm*
127	*Cynoglossus gracilis* Gunther, 1861	*Cá bơn cát nhẵng*
128	*Cynoglossus xiphoideus* (Gunther, 1861)	*Cá bơn lưỡi kiếm*
129	*Cynoglossus wandersi* (Bleeker, 1850)	*Cá bơn lạ*
	Lagocephalidae	**Họ cá nóc chàng**
130	*Torquigener oblongus* Bloch, 1786	*Cá nóc chàng*
131	*Gastrophysus scleratus* (Gmelin, 1789)	*Cá nóc gan*
	Tetrodvatidae	**Họ cá nóc**
132	*Monotretus cutcutia* (Hamilton-buchanan, 1822)	*Cá nóc bầu*
133	*Chelenodon fluviatilis* (Hamilton, 1822)	*Cá nóc xanh*
134	*Tetraodon palembagensia* (Bleeker, 1852)	*Cá nóc hột mít*
135	*Tetraodon lorteli* Tirant, 1885	*Cá nóc vàng*
136	*Tetraodon leiurus* Bleeker	*Cá nóc doi*
137	*Tetraodon sp.*	*Cá nóc một mũi*

Nguồn: P.N.Hồng (1983), Bùi Lai (1996)

Phụ lục 6: DANH MỤC MỘT SỐ LOÀI ẾCH NHÁI VÀ BÒ SÁT ĐIỀU TRA TẠI CẦN GIỜ, T.P. HỒ CHÍ MINH

Số TT	Tên khoa học	Tên địa phương
	AMPHIBIA	**Lớp ếch Nhái**
	ANURA	**Bộ không đuôi**
	Ranidae	**Họ ếch nhái**
1	*Rana rugulosa* Wiegmann, 1835	ếch đồng
2	*Rana cancrivora* Gravenhorst, 1929	ếch cua
3	*Rana limnocharis* Boie in Wiegmann 1835	Ngóe (nhái)
4	*Ooedozyga lima* Kuhl et Van Hasselt, 1922	Cóc nước sần
	Bufonidae	**Họ Cóc**
5	*Bufo melanostictus* Schneider, 1799	Cóc nhà
	Rhacophoridae	**Họ ếch cây**
6	*Rhacophorus leucomystax* (Kuhl inravenhorst, 1829)	ếch cây mép trắng
	Microhylidae	**Họ ếch ương**
7	*Kaloula pulchra* Gray, 1831	ếch ương
8	*Microhyla pulchra* (Hallowell, 1861)	Nhái bầu vân
9	*Microhyla ornata* Dumeril et Bibron, 1841	Nhái bầu hoa
	REPTILIA	***Lớp bò sát***
	LACERTILIA	**Bộ thằn lằn**
	Gekkonidae	**Họ tắc kè**
10	*Gekko gecko* (Linnaeus, 1758)	Tắc kè
11	*Hemidactylus frenatus* Schneigel et Bibron, 1836	Thạch sùng đuôi sần

24	*Amaurornis phoenicurus* *	Cuốc ngực trắng
25	*Gallilula chloropus* *	Kịch
26	*Porphyrio porphyrio* *	Xít
	Charadiiformes	**Bộ Rẽ**
	Recurvirostridae (Avocets, Stilts)	***Họ cà kheo***
27	*Himantopus himantopus* *	Cà kheo
	Charadrildae (Plovers)	***Họ Choi choi***
28	*Vanellus duvaucelii* *	Te cựa
29	*Vanellus indicus* *	Te vặt
30	*Pluvialis squatarola* * ☆	Choi choi xám
31	*Pluvialis fulva* *	Choi choi vàng
32	*Charadrius dubius* * ☆	Choi choi nhỏ
33	*Charadrius alexandrinus* * ☆	Choi choi khoang cổ
	Scolopacidae	***Họ re***
34	*Limosa limosa* * ☆	Choắt mỏ thẳng đuôi đen
35	*Numenius phaeopus* * ☆	Choắt mỏ cong bé
36	*Numenius arquata* * ☆	Choắt mỏ cong lớn
37	*Tringa erythropus* * ☆	Choắt chân đỏ
38	*Tringa totanus* * ☆	Choắt nâu
39	*Tringa stagnatilis* * ☆	Choắt đốm đen
40	*Tringa nebularia* * ☆	Choắt lớn
41	*Tringa ochropus* * ☆ rH	Choắt lớn mỏ vàng
42	*Tringa guttifer* * ☆	Choắt bụng trắng
43	*Tringa glareola* * ☆	Choắt bụng xám
44	*Actitis hypoleucos* * ☆	Choắt nhỏ
45	*Calidris alba* * ☆	Rẽ cổ xám
46	*Calidris temminckii* *	Rẽ lưng đen
47	*Calidris ferruginea* *	Rẽ bụng nâu
48	*Philomachus pugnax* * ☆	Rẽ lớn
	Lariformes	**Bộ Mòng bẻ**
	Laridae (Gulls, Terns)	***Họ Mòng bẻ***
49	*Gelochelidon nilotica* *	Nhàn chân đen
50	*Hydroprogne caspia* * ☆	Nhàn Caspia
51	*Sterna hirundo* * ☆	Nhàn
52	*Sterna dougallii* *	Nhàn hồng
53	*Sterna sumatrana* *	Nhàn sumatra
54	*Sterna albifrons* *	Nhàn nhỏ
	Columbiformes	**Bộ Bồ câu**
	Columbidae (Pigeons, Doves)	***Họ bồ câu***
55	*Streptopelia tranquebarica*	Cu ngói
56	*Streptopelia chinensis*	Cu gáy
57	*Treron fulvicollis*	Cu xanh cổ nâu

58	*Treron vernans*	Cu xanh đầu xám
	Psittaciformes	**Bộ Vẹt**
	Psittacidae (Parrots)	***Họ vẹt***
59	*Psittacula alexandri*	Vẹt ngực đỏ
	Cuculiformes	**Bộ Cu cu**
	Cuculidae (Cuckoos)	***Họ Cu cu***
60	*Cuculus micropterus*	Bắt cô trói cột
61	*Centropus sinensis*	Bìm bịp lớn
62	*Centropus bengalensis*	Bìm bịp nhỏ
	Strigiformes	**Bộ Cú**
	Tytonidae (Barn Owls)	***Họ cú lợn***
63	*Tyto alba*	Cú lợn lưng xám
	Caprimulgiformes	**Bộ cú muỗi**
	Caprimulgidae (Nightjars)	***Họ cú muỗi***
64	*Caprimulgus monticolus*	Cú muỗi lưng xám
	Apodiformes	**Bộ Yến**
	Apodidae (Swifits)	***Họ Yến***
65	*Aerodramus fuciphagus*	Yến hông xám
	Coraciiformes	**Bộ Sả**
	Alcedinidae (Kingfishers)	***Họ bói cá***
66	*Alcedo atthis*	Bồng chanh
67	*Alcedo meninting*	Bồng chanh tai xanh
68	*Halcyon smymensis*	Sả đầu nâu
69	*Halcyon pileata*	Sả đầu đen
70	*Halcyon chloris*	Sả khoang cổ
	Meropidae (Bee Eaters)	***Họ Trảu***
71	*Merops supercilious*	Trảu ngực nâu
	Piciformes	**Bộ Gõ kiến**
	Pricidae (Woodpeckers)	**Họ Gõ kiến**
72	*Picus vittatus*	Gõ kiến xanh bụng vàng
73	Woodpecker *Chrysocolaptes lucidus*	Gõ kiến vàng lớn
74	Woodpecker *Dryocopus javensis*	Gõ kiến đen bụng trắng
	Passeriformes	**Bộ Sẻ**
	cụt Pittidae (Pittas)	***Họ Đuôi***
75	*Pitta moluccensis*	Đuôi cụt cánh xanh
76	*Pitta sordida*	Đuôi cụt đầu đen
	Alaudidae (Larks)	***Họ Sơn ca***
77	*Alauda gulgula*	Sơn ca
	Hirundinidae	***Họ Nhạn***
78	*Hirundo rustica*	Nhạn bụng trắng (én)
79	*Hirundo daurica*	Nhạn bụng xám
	Motacillidae (Wagtails, Pipits)	***2Họ Chia vôi***

80	*Motacilla flava*	Chia vôi vàng
	Campephagidae (Cuckoos, Shrikes)	***Họ Phường chèo***
81	*Tephrodornis pondicerianus*	Phường chèo nâu mày trắng
	Pycnonotidae (Bulbuls)	***Họ Chào mào***
82	*Pycnonotus goiavier*	Bông lau mày trắng
	Irenidae (Leafbirds, Ioras.)	***Họ chim xanh***
83	*Aegithina tiphia*	Chim nghệ ngực vàng
	Laniidae (Shrikes)	***Họ Bách thanh***
84	*Lanius cristatus*	Bách thanh mày trắng
	Turdidae (Thrusches)	
85	*Copsychus saularis*	Chích chòe
86	*Copsychus malabaricus*	Chích chòe lửa
87	*Saxicola torquata*	Sẻ bụi đầu đen
88	*Saxicola jerdoni*	Sẻ bụi lưng xanh
	Timaliidae (Babblers)	***Họ Khướu***
89	*Pellorneum tickelli*	Chuối tiêu đất
90	*Pellorneum ruficeps*	Chuối tiêu ngực đốm
91	*Garrulax leucolophus*	Khướu đầu trắng
92	*Garrulax chinensis*	Khướu bạc má
93	*Alcippe peracensis*	Lách tách vành mắt
	Sylviidae (Old World Warblers)	**Họ Chim Chích**
94	*Megalurus palustris*	Chiền chiện lớn
95	*Acrocephalus bisrrigiceps*	Chích đầu nhọn mày đen
96	*Acrocephalus orientalis*	Chích đầu nhọn phương Đông
97	*Acrocephalus aedon*	Chích mỏ rộng
98	*Prinia rufescens*	Chiền chiện đầu nâu
99	*Prinia hodgsonii*	Chiền chiện lưng xám
100	*Prinia flaviventris*	Chiền chiện bụng vàng
101	*Prinia subflava*	Chiền chiện bụng hung
102	*Orthotomus sutorius*	Chích đuôi dài
103	*Orthotomus atrogularis*	Chích bông cánh vàng
104	*Orthotomus sepium*	Chích bông nâu
105	*Phylloscopus fuscatus*	Chim chích nâu
106	*Phylloscopus tenellipes*	Chích chân xám
107	*Phylloscopus coronatus*	Chích mày vàng
108	*Cisticola juncidis*	Chiền chiện đồng hung
	Acanthizidae (Flyeaters)	Họ Chích bụng vàng
109	*Gerygone sulphurea*	Chích bụng vàng
	Monarchidae (Fantails)	***Họ Rẻ quạt***
110	*Rhipidura javanica*	Rẻ quạt java
	Pachycephalidal (Whistlers)	***Họ Bách thanh lưng nâu***
111	*Pachycephala grisola*	Bách thanh lưng nâu

	Paridae (Typical Tits)	***Họ Bạc má***
112	*Parus major*	Bạc má
	Dicaeidae (Flowerpeckers)	***Họ chim sâu***
113	*Dicaeum concolor*	Chim sâu vàng lục
114	*Dicaeum ignipectus*	Chim sâu ngực đỏ
	Nectariidae (Sunbirds)	***Họ hút mật***
115	*Anthreptes malacensis*	Hút mật họng nâu
116	*Nectarinia jugularis*	Hút mật họng tím
	Zosteropidae (White-eyes)	***Họ Vành khuyên***
117	*Zosterops palpebrosa*	Vành khuyên họng vàng
	Ploceidae (Weavers, Sparrows)	***Họ Sẻ***
118	*Passer montanus*	Sẻ
119	*Passer flaveolus*	Sẻ bụi vàng
120	*Passer domesticus*	Sẻ nhà
121	*Ploceus philippinus*	Rồng rộc
	Di Estrildidae (Waxbills)	
122	*Lonchura punctulata*	Di đá
	Strunidae (Starlings)	***Họ Sáo***
123	*Sturnus nigricollis*	Sáo sậu
124	*Sturnus burmannicus*	Sáo sậu đầu trắng
125	*Sturnus sinensis*	Sáo đá Trung Quốc
126	*Acridotheres grandis*	Sáo mỏ vàng
	Dicrunidae (Drongos)	***Họ Chèo bẻo***
127	*Dicrurus macrocercus*	Chèo bẻ
128	*Dicrurus annectans*	Chèo bẻo mỏ quạ
	Corvidae (Jays, Crows)	***Họ Quạ***
129	*Crypsirina temia*	Chim khách
130	*Corvus macrorhynchus*	Quạ đen

* : Chim nước
☆ : Chim di cư
H : Loài quí hiếm có trong danh mục sách đỏ Việt Nam (1992)
RH : Loài có nguy cơ tuyệt chủng trong danh mục sách đỏ Việt Nam (1992).

Nguồn: P.N.Hồng (1983), Bùi Lai (1996)

Phụ lục 8: DANH MỤC MỘT SỐ LOÀI ĐỘNG VẬT CÓ VÚ ĐIỀU TRA TẠI CẦN GIỜ, T.P. HỒ CHÍ MINH

Số TT	Tên khoa học	Tên địa phương
	Insectivora	**Bộ thú ăn sâu bọ**
	Soricidae	Họ chuột chù
1	*Suncus murinus* (Linnaeus, 1766)	Chuột chù
	Chiroptera	**Bộ Dơi**
	Pteropodidae	Họ Dơi lá
2	*Macroglosus minimus* (Geoffroy, 1810)	Dơi ăn mật hoa
	Emballonuridae	Họ dơi bao
3.	*Taphazous melanopogon* (Temminck, 1841)	Dơi bao đuôi nâu đen
	Vespertilionidae	Họ Dơi muỗi
4	*Scotophilus heathii* (Horsfield, 1831)	Dơi nghệ
5	*Miniopterus schreibersi* (Kuhl, 1819)	Dơi cánh dài
	Primates	**Bộ linh trưởng**
	Cercopithecidae	Họ khỉ
6	*Macaca fascicularis* (Wroughton, 1815)	Khỉ đuôi dài
	Carnivora	**Bộ ăn thịt**
	Mustelidae	Họ chồn
7	*Lutra lutra* (Linnaeus, 1758)	Rái cá thường
8	*Aonyx cinerea* (illiger, 1815)	Rái cá vuốt bé
	Viverridae	Họ cầy
9	*Paradoxurus hermaphroditus* (Pallas, 1777)	Cầy vòi đốm
	Herpestidae	Họ cầy lỏn
10	*Herpeses urva* (Hodgson, 1836)	Cầy móc cua
11	*Herpestes javanicus* (I. Geoffroy, 1818)	Cầy lỏn, lỏn trang
	Felidae	Họ mèo
12	*Felis viverrina Bennett*, 1833	Mèo cá
13	*Frionailurus bengalensis* Kerr, 1792	Mèo rừng
	Artiodactyla	**Bộ móng chẵn**
	Suidae	Họ lợn
14	*Sus scrofa Linnaeus*, 1758	Lợn rừng
	Pholidota	**Bộ tê tê**
	Manidae	Họ tê tê
15	*Manis javanica* Desmarest, 1822	Tê tê Java (trút)
	Rodentia	**Bộ gặm nhấm**
	Muridae	Họ chuột
16	Rattus norvegicus (Berkenhout, 1769)	Chuột cống
17	Rattus argentiventer (Robinson et Kloss, 1916)	Chuột bụng bạc
18	Mus musculus Linnaeus, 1766	Chuột nhắt nhà
	Hystricidae	Họ nhím
19	Acanthion subcristatum (Swinhoe, 1870)	Nhím bờm

Nguồn: P.N.Hồng (1983), Bùi Lai (1996)

Phụ lục 9: DANH MỤC MỘT SỐ LOÀI CHIM, THÚ QUÍ HIẾM ĐIỀU TRA TẠI CẦN GIỜ, T.P. HỒ CHÍ MINH

Số TT	Tên khoa học	Tên địa phương	Note
	Reptilia	**Lớp bò sát**	
1.	*Gecko gecko*	Tắc kè	T
2.	*Varanus salvator*	Kỳ đà nước	V
3.	*Python molurus*	Trăn đất	V
4.	*Python reticulatus*	Trăn gấm	V
5.	*Bungarus fascilatus*	Rắn cạp nong	T
6.	*Naja naja SĐVN xếp T*	Rắn hổ mang	T
7.	*Ophiophagus hannah*	Rắn hổ chúa	E, PB 01 - I
8.	*Chelonia mydas*	Vích	E
9.	*Eretmochelys imbricata*	Đồi mồi	E
10.	*Lepidochelys olivacea*	Quân đồng	V
11.	*Crocodylus porosus*	Cá sấu hoa cà	E, PB01 - I
	Aves	**Lớp chim**	
12.	*Pelecanus philipensis*	Bộ nông chân xám	R
13.	*Mycteria leucocephala*	Cò lạo Ấn Độ	R
14.	*Mycteria cinerea*	Cò lạo xám	V
15.	*Leptoptilos Javanicus*	Già đẫy nhỏ	R
16.	*Tringa guttifer*	Choắt lớn mỏ vàng	PB 01 - II
17.	*Pica pica*	Ác là	E
18	*Limnodromus Jemipalmatus*	Choắt chân vàng lớn	R
	Mammalia	**Lớp thú**	
19.	*Lutra lutra*	Rái cá thường	T
20.	*Aonyx cinerea*	Rái cá vuốt bé	T
21	*Felis viverrina*	Mèo cá	R
22.	*Felis bengalensis*	Mèo rừng	PB 01 - II

Chú thích: E: Loài quí hiếm; V: Loài dễ bị đe doạ; T: Loài bị đe doạ tuyệt chủng; R: Loài rất hiếm

SDVN: Sách đỏ Việt nam; PB01 - I: Loài quí hiếm nhóm 1, theo quyết định 18/HĐBT.;
PB01 - II: Loài quí hiếm nhóm 2, theo quyết định 18/HĐBT.

Nguồn: P.N.Hồng (1983), Bùi Lai (1996)

Chịu trách nhiệm xuất bản
Lê Văn Thịnh

Phụ trách bản thảo
Lại Thị Thanh Trà

Trình bày
Thanh Thanh

In 510 bản, khổ (14,5x20,5) cm tại XI NXBNN. Giấy chấp nhận KH đề tài số: 92/243 do Cục XB cấp ngày 31/3/99. In xong và nộp lưu chiểu quí 4/99.